

# **Otimização do armazém de matérias-primas**

*Francisco Martins Marques*

**Dissertação de Mestrado**

Orientador na FEUP: Prof. Pedro Sanches Amorim

Orientador na Empresa: Dra. Augusta Morais



**Mestrado Integrado em Engenharia Industrial e Gestão**

2015-07-01

*Aos meus pais*

## Resumo

Numa economia onde a competitividade é cada vez mais importante, o sucesso ou insucesso de uma empresa depende em grande medida da eficácia e eficiência na resposta às necessidades dos seus clientes. Contudo, é essencial para as empresas compreenderem que não competem como entidades isoladas, estando a performance de cada uma dependente do nível de integração e coordenação da cadeia de abastecimento onde está inserida. Em particular, os armazéns representam uma componente-chave das cadeias de abastecimento modernas, sendo reconhecidos como uma das áreas onde melhorias significativas da performance e reduções consideráveis dos custos podem ser alcançadas.

Este projeto foi desenvolvido na empresa Saint Gobain Abrasivos, uma unidade fabril de transformação de abrasivos da categoria revestidos ou *coated*. O objetivo foi o otimizar da organização da zona de armazéns, aplicando metodologias *lean* e métodos de alocação de SKUs num armazém.

A necessidade deste projeto surge no seguimento do elevado número de roturas de *stock* e uma oportunidade de melhorar tempos de deslocação em recolhas de material no armazém.

Esta necessidade de minimizar as roturas de *stock* nasce da política da empresa que se propõe a expedir encomendas em 5 dias úteis após a confirmação das mesmas. Trata-se de uma política de produção *make to order* com um prazo muito curto. Para manter o nível de serviço desejado não é tolerável roturas de *stock*, especialmente em artigos subsidiários como embalagens ou etiquetas.

Foi implementado um projeto de desenho de armazém em sistema de prateleiras em vários níveis para uma nova linha de produção. A partir deste, foram aplicadas os mesmos estudos e outros para a reformulação da organização do armazém principal. Para este armazém foram aplicadas metodologias *lean* e métodos para despoletar compras de materiais redundante ao sistema informático, que não era fiável.

Os principais fatores de decisão desta reorganização foram as distâncias percorridas, a popularidade de cada produto, o volume ocupado pelo mesmo (COI) e a intuitividade do sistema para a fácil compreensão do mesmo por parte dos colaboradores que fazem uso do armazém.

Após o estudo e implementação das reorganizações foram retirados dados de ambas as configurações finais, observou-se nomeadamente uma redução nos tempos de deslocação em 50%, quer no primeiro projeto da linha nova assim como no armazém principal. Também registou-se uma melhoria de cerca de 50% nos desvio de inventário real e informático através da criação de um sistema operacional redundante ao sistema informático para o despoletamento de necessidades de compras.

Como trabalho futuro, seria benéfico standardizar todos os supermercados extra armazém principal, criando uma cultura igual para todas as matéria-primas para todas as secções produtivas da empresa.

## **Raw material warehouse optimization**

### **Abstract**

In an economy where competitiveness is rising in importance, the success or failure of a company depends increasingly on efficiency and effectiveness in responding to customer needs. However, it is essential for companies to understand that they do not compete as separate entities, with the performance of each one dependent on the level of integration and coordination of the supply chain where it is inserted. In particular, warehouses represent a key component of modern supply chains, being recognized as areas where significant improvements in performance and significant cost reductions can be achieved.

This project was implemented in Saint-Gobain Abrasivos company, a processing factory of coated abrasives. The purpose of it was to optimize the organization of the area of warehouses, applying lean methodologies and SKUs allocation methods in a warehouse.

The need for this project arises from the high number of stockouts and the opportunity to improve travel times for material collection in the warehouse.

This urgency in minimizing stockouts surfaces because of the company's policy, which proposes to issue orders within 5 business days after confirmation of the same. It is a make to order production policy with a very short period of time. To maintain a desired service level it is unacceptable the existence of stock outs, especially in ancillary items such as packaging or labels.

A warehouse design project was developed on a shelving system at various levels to a new production line. From this, the same studies and others were applied to the reformulation of the new organization of the main warehouse. For this warehouse lean methodologies and methods to trigger purchases of material redundant to the computer system, which was unreliable, were applied.

The main decision factors of this reorganization were the distances, the popularity of each product, the volume occupied by the same (COI) and the intuitiveness of the system for an easy understanding of it by the employees who make use of the warehouse.

After the study and implementation of both projects, results were measured, and a reduction in travel time of 50% was observed, both in the new line of the first project, as well as in the main warehouse. Also an improvement of about 50% in the deviation between real inventory and the informatic system was attained with the creation of a redundant system for triggering shopping needs.

For future work, it would be beneficial to standardize all supermarkets besides the main warehouse, creating the same culture for all raw materials used by all the productive sections of the company.

## Agradecimentos

Depois de concluído a presente dissertação, é de notar que a mesma não teria sido possível sem o apoio de certas pessoas que, como tal, merecem o meu sincero agradecimento.

Aos meus orientadores, o Professor Pedro Sanches Amorim da FEUP e a Dra. Augusta Morais da Saint-Gobain Abrasivos, pela disponibilidade e acompanhamento teórico e prático prestado, o meu muito obrigado.

Gostaria de agradecer à empresa Saint-Gobain Abrasivos, e em especial à Dra. Manuela Morais e ao Eng.º Rui Coelho, pela oportunidade atribuída para realizar este trabalho, e a todos os trabalhadores que contribuíram através da troca de ideias e conhecimento, para a elaboração deste projeto.

Queria também agradecer aos meus amigos e colegas pelos bons momentos, não só durante este projeto mas sempre.

E, finalmente, deixo o meu obrigado à minha família que me acompanhou toda a minha vida, nos bons e nos maus momentos.

# Índice de Conteúdos

1	Introdução .....	1
1.1	A empresa Saint-Gobain Abrasivos .....	1
1.2	Apresentação do problema .....	5
1.3	Método seguido.....	6
1.4	Estrutura da dissertação .....	6
2	Revisão Bibliográfica.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.1	Localização em armazém .....	7
2.2	Recolha de ordens .....	8
2.3	Zona dourada (golden zone) .....	9
2.4	Gestão de inventário .....	10
2.5	Stock de segurança .....	11
2.6	Análise ABC .....	12
2.7	Desperdícios .....	13
3	Diagnóstico Inicial .....	15
3.1	Armazém de Especialidades .....	15
3.2	Armazém de Embalagens .....	18
3.3	Discrepância entre <i>stock</i> efetivo e em sistema .....	19
4	Parte 1 - Armazém de Especialidades (SPE) .....	22
4.1	Processo de recolha de produtos.....	22
4.2	Restrições e pressupostos .....	22
4.3	Definição da organização do armazém .....	25
4.4	Resultados e discussão .....	28
5	Parte 2 – Organização do Armazém de Material Subsidiário .....	30
5.1	Processo de recolha de material .....	30
5.2	Restrições e pressupostos .....	31
5.3	Cálculo da reorganização final .....	33
5.4	Cálculo do ponto de encomenda.....	36
5.5	Resultados e discussão .....	38
6	Parte 3 - Planeamento do transporte de embalagens .....	39
6.1	Planeamento das rotas de abastecimento .....	39
6.2	Procedimentos do impulsor .....	41
6.3	Resultados e Discussão.....	42
7	Conclusões e trabalhos futuros.....	44
	Referências .....	46

## Siglas

- BOM- Bill of Materials
- COI- Cube per Order Inch
- I/O- In/Out
- SS- Slit *Stock*
- SGA- Saint Gobain Abrasivos
- SKU- *Stock* Keeping Unit
- VSM- Value Stream Map
- ZD- Zona de Descarga

## Índice de Figuras

Figura 1 - As origens de um grupo multinacional (Saint Gobain 2015) .....	2
Figura 2 - Presença da Saint-Gobain (Saint Gobain 2015) .....	2
Figura 3 - Organização do grupo Saint-Gobain .....	2
Figura 4 - Fluxo do Corte de rolos .....	3
Figura 5 - Exemplos de Discos A- com ou sem furo; B-Com prato; C-Com botão.....	4
Figura 6 - <i>Convolute Wheel</i> .....	4
Figura 7 - <i>Log</i> .....	4
Figura 8 - Distribuição de custos num armazém típico (Drury 1988).....	7
Figura 9 - Separar enquanto recolhe (Sort-While-Picking) (Garfinkel 2005).....	9
Figura 10 - Conceito de Zona Dourada, (Jones 2015).....	10
Figura 11 - Exemplo de <i>Stock</i> de Segurança (Research Systems Consulting 2014).....	12
Figura 12 - Identificação das paletes .....	16
Figura 13 - Armazenagem na situação inicial .....	16
Figura 14 - Tipo de armazenagem (Frazelle 1989) .....	17
Figura 15 - Exemplo da “rule of thumb” para material subsidiário .....	20
Figura 16 - Value Stream Map das especialidades.....	23
Figura 17 - Nomenclatura do armazém SPE .....	26
Figura 18 - Placas de identificação dos corredores .....	26
Figura 19 - <i>Heat Map</i> para as distâncias percorridas por localização (SPE) .....	27
Figura 20 - Localização das <i>slabs</i> .....	30
Figura 21 - <i>Layout</i> do Armazém Principal .....	32
Figura 22 - Quadro de Controlo do material subsidiário.....	37
Figura 23 - <i>Layout</i> da área produtiva da fábrica.....	40
Figura 24 - Rota do impulsor.....	41



## Índice de Tabelas

Tabela 1 - Output Inicial das SPE .....	17
Tabela 2 - Desperdícios de deslocação na situação inicial.....	18
Tabela 3 - Caraterísticas das subfamílias SPE .....	24
Tabela 4 - Output da linha de embalamento de Especialidades (SPE) inicial e final.....	28
Tabela 5 - <i>Heat Map</i> para as distâncias percorridas por localização no Armazém Principal ..	32
Tabela 6 - Análise COI das classes de embalagens.....	34
Tabela 7 - Análise COI das SKUs das embalagens.....	34
Tabela 8 - Cálculo de Classes por junção de Valor e Volume .....	37
Tabela 9 - Classes ABC e Nível de Serviço .....	37
Tabela 10 - Desperdícios de deslocação após parte 2 .....	38
Tabela 11 - Desperdícios de deslocação após parte 3 .....	42

## Índice de Gráficos

Gráfico 1 - Exemplo de classificação ABC (Exact Globe 2008) .....	12
Gráfico 2 - Evolução dos Desvios em Inventário .....	21
Gráfico 3 - Distribuição das SKUs das Especialidades .....	24
Gráfico 4 - Análise ABC das Especialidades .....	27
Gráfico 5 - Desvios Absoluto em Inventário após parte 3 .....	43

## 1 Introdução

Uma cadeia logística convencional é composta por logística *inbound*, logística *outbound*, *warehouse* e movimentação interna. Segundo Jones and Womack (2002) o transporte de material e a quantidade de *stock* do mesmo devem ser minimizadas ao máximo, tendo no entanto em atenção a variabilidade da procura e a capacidade das máquinas.

*Service level*, ou nível de serviço, é um indicador de performance importante para qualquer empresa, esteja esta no setor dos serviços ou da indústria. Através dele retira-se informação crucial como vendas perdidas e perceção do cliente do serviço prestado, entre outras. Este fator reveste-se de especial importância dada a competitividade dos dias de hoje, mesmo numa indústria específica como uma secção especializada dentro abrasivos (Hopp and Sturgis 2000).

A indústria dos abrasivos é um mercado com vários produtores diversificados, por isso clientes insatisfeitos com a prestação do serviço podem facilmente mudar de fornecedor.

Acontecimentos como rotura de *stocks* ou excesso de procura para a capacidade instalada são os principais fatores que mais afetam este indicador.

A rotura de *stocks* tem um impacto negativo que se repercute em vários aspetos. Prejuízos na reputação perante clientes da empresa, custos extra de encomendas expresso, ou seja, pagar mais por um transporte para que demore menos tempo, e perda de aproveitamento de mão-de-obra que para por falta de material, são os mais preocupantes.

A temática de otimização de armazenagem e de todos os processos a ela associados tem sido alvo de alguma investigação, mas, segundo (Gu et al. 2007) muitos dos resultados da investigação não são comunicados à indústria de modo a ter um impacto significativo na operação de armazenamento.

O tema desta dissertação consistirá na otimização de armazéns, tanto em termos de localização dos materiais como na implementação de metodologias *lean* com o objetivo de diminuir roturas de *stock* e, de forma indireta, proteger a reputação da empresa como fornecedor de qualidade de encomendas específicas e de alta fiabilidade.

### 1.1 A empresa Saint-Gobain Abrasivos

O grupo Saint-Gobain foi criado em 1665 em França, originalmente como produtor de vidros e participação da construção do Palácio de Versalhes. A evolução do grupo é sintetizada na Figura 1. Após a sua internacionalização no último século, o grupo expandiu o seu mercado para outras produções além de vidro plano e, atualmente está presente geograficamente em grande parte do globo, Figura 2.



Figura 1 - As origens de um grupo multinacional (Saint Gobain 2015)



Figura 2 - Presença da Saint-Gobain (Saint Gobain 2015)

A empresa Saint-Gobain Abrasivos (SGA) faz parte do grupo Saint-Gobain Abrasivos desde 1988 e surgiu da aquisição integral da empresa Lima Teixeira e Lima. Dentro do grupo Saint-Gobain, a empresa SGA insere-se na área de materiais de alta performance e produz abrasivos da família revestidos ou *coated*, como exemplificado na Figura 3.



Figura 3 - Organização do grupo Saint-Gobain

Os abrasivos *coated*, ou revestidos, são utilizados especificamente em acabamentos de superfície, como moagem, dimensionamento, modelagem, acabamento, polimento e abrange um leque de mercados muito amplo incluindo qualquer mercado que necessite de alisamento ou de acabamento.

Os mercados em que se insere são principalmente o mercado do metal/inox, reparação automóvel, grandes superfícies e o mercado da madeira/aglomerado. Os clientes são revendedores, distribuidores e grandes fábricas. Quanto ao mercado internacional, apenas exporta para filiais do grupo Saint-Gobain, como Holanda, França e Marrocos.

Dentro dos produtos oferecidos na secção de *coated*, existem vários tipos de acordo com a percentagem coberta, o tipo de material abrasivo e o material onde assenta. Existem dois tipos de aberturas nos abrasivos, abertos ou fechados. A diferença está na percentagem coberta por material abrasivo, 75% nos abertos e perto de 100% os fechados. O tipo de abrasivo é classificado em óxido de alumínio, carboneto de silicone, alumina zircónica e óxido de alumínio cerâmico.

Por fim, o material onde assenta o agente abrasivo pode ser de papel, fibra ou pano (Saint-Gobain Abrasives 2014).

A unidade fabril de abrasivos da Maia transforma a matéria-prima proveniente, maioritariamente, de fornecedores que fazem parte do grupo Saint-Gobain.

A matéria-prima consiste em rolos, placas e cilindros de material abrasivo que é cortado e embalado com uma das marcas do grupo ou para o cliente final, com a marca do próprio.

A fábrica está dividida em secções. Na secção de corte de rolos, entram rolos de material abrasivo e são cortados para outras secções da fábrica, nomeadamente para a secção de banda estreita, banda larga ou discos, ou então são expedidos como rolos cortados diretamente (Figura 4).

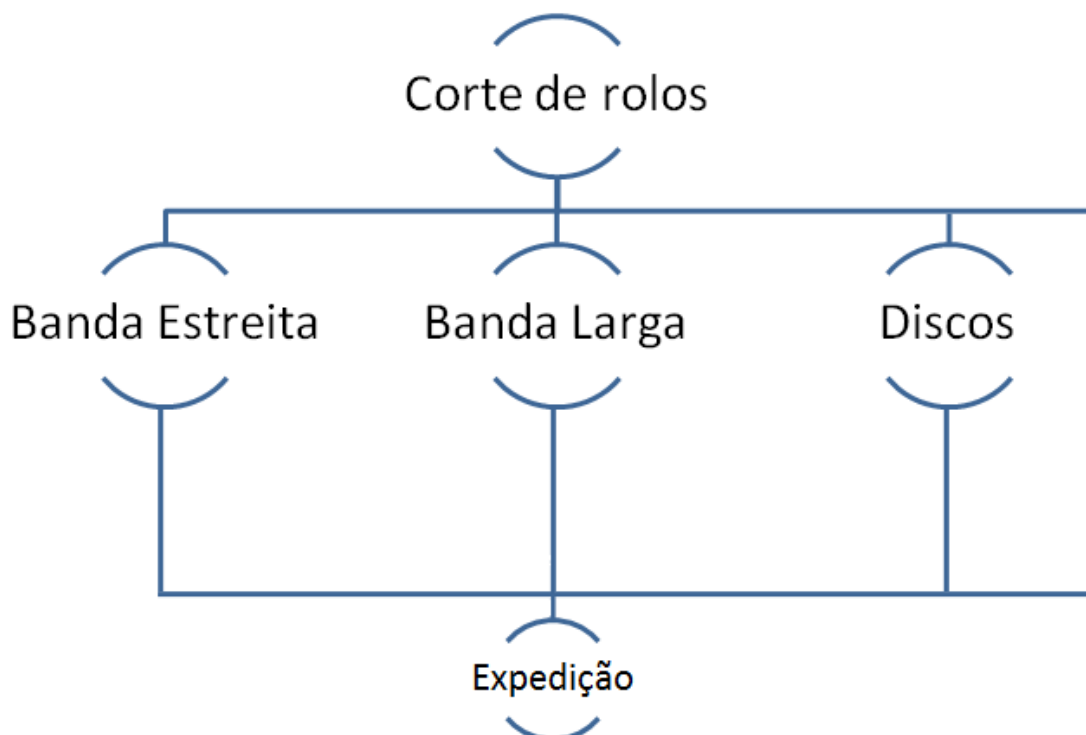


Figura 4 - Fluxo do Corte de rolos

Existe ainda material abrasivo mais denso que chega em placas ou *slabs* e é cortado em prensas como discos com ou sem furo interior. Após o corte, aos discos podem ser aplicados botões ou pratos (Figura 5).



Figura 5 - Exemplos de Discos A- com ou sem furo; B-Com prato; C-Com botão

Por fim, são também produzidas *convolute wheels* (Figura 6). Estes produtos são formados pelo envolvimento de material em rede impregnado com grãos abrasivos e resina em torno de um núcleo central. A matéria-prima é chamada de *logs* devido à semelhança com troncos (Figura 7).



Figura 6 - *Convolute Wheel*



Figura 7 - *Log*

Por norma, as secções produtivas da fábrica embalam o seu próprio produto, e na expedição é, novamente, embalado em caixas maiores, caso seja necessário.

A Saint-Gobain Abrasivos aplica uma política de produção *make to order*, ou seja, não acumula produto acabado em armazém e apenas produz o que precisa para preencher encomendas no dia em que tem de as expedir e, sendo essa a principal característica diferenciadora de outras empresas do mesmo ramo, a rotura de *stocks* e consequente atraso na expedição do produto provoca mazelas à reputação da empresa.

A Saint-Gobain Abrasivos da Maia apenas produz quando tem encomendas, isto retira preocupações com *stock* de produto acabado, exceto na secção mais recente, em que todo o material é produto dito semiacabado. Nesta secção, o material chega pronto a ser expedido, não necessita de qualquer transformação, apenas é retirado das embalagens genéricas em que vem, em quantidade de mil por exemplo, e re-embalado em caixas etiquetadas para o cliente final, em quantidades acordadas com o cliente.

Ao produzir num sistema *Pull*, “puxado” por encomendas, elimina-se também a preocupação com planeamento antecipado da produção. Como a empresa se compromete a expedir uma encomenda em 5 dias, um dos principais indicadores de performance é o nível de serviço prestado calculado pelo rácio real entre as ordens produzidas sobre encomendas do dia, não tendo em consideração nenhum fator de perdão como falta de material ou erro de datas. Aliado à política de produção por encomenda, é exigido um esforço maior ao departamento de compras e consequentemente ao armazém.

A Saint-Gobain Abrasivos Maia tem autonomia face ao grupo no que diz respeito à análise das condições propostas pelos fornecedores internos e externos, implicando uma independência de quantidades a encomendar e *stock* presente no armazém. No entanto tem de responder face ao grupo em caso de deteção de excesso de despesas ao nível de compras ou capital parado no armazém em excesso.

Numa empresa onde grande parte dos custos dizem respeito à matéria-prima, com uma política de *make-to-order* com prazos de entrega curtos será aí que este projeto se vai focar para minimizar as ocorrências de roturas de *stock*.

## 1.2 Apresentação do problema

De forma a obter vantagens competitivas, o leque de produtos disponíveis e linhas distintas de produção tem vindo a aumentar nos últimos anos. Este rápido crescimento expôs alguns processos pouco eficientes que antes eram desprezáveis, mas que com o aumento de volume e complexidade da produção se tornaram críticos.

Um dos principais problemas prende-se com o descontrolo de *stocks*, provocando falhas ao nível standards definidos pelo grupo, principalmente ao nível de serviço exigido, devido a roturas de *stock* frequentes, sendo 95% o alvo a alcançar.

Em paralelo, com a crescente preocupação da SGA em se manter competitiva e eliminar desperdício, com a chegada de uma nova linha de produção, tornou-se crucial otimizar a eficácia da mesma logo a partir do seu lançamento.

Esta dissertação aborda dois desafios complementares e de dimensão distinta para a persecução do objetivo de minimizar as ocorrências de roturas de *stock* e aumentar a fluidez de processos em linhas de produção a estrear.

O primeiro desafio diz respeito à deslocação de uma linha de produção de outra empresa do grupo para esta fábrica. Para tal é necessário desenhar e implementar um sistema de armazenagem com o objetivo de manter a linha a produzir com a maior fluidez possível.

O segundo desafio tem como principais objetivos criar um sistema redundante ao *software* de controlo, de forma a melhorar o processo de compra de matéria-prima e subsidiária e evitar roturas de *stock*, otimizar a localização dos produtos de matéria-prima e matéria subsidiária de forma a minimizar tempos de deslocação durante a alimentação de produtos às zonas de produção, e diminuir possibilidade da ocorrência de erros.

O material subsidiário tem um impacto alarmante no nível de serviço. A causa não era completamente conhecida mas já se tinham implementado alguns mecanismos de controlo,

que por si só não eram eficazes o suficiente e implicavam gastos de mão-de-obra que deveriam ser aplicados noutros pontos da produção.

### **1.3 Método seguido**

Apesar de ambos de serem abordados armazéns diferentes, inicialmente foram abordados de forma semelhante.

No primeiro caso, sendo uma linha que já produzia noutro local, será necessário compreender como se processava antes para poder ter um ponto de partida. Depois serão tidos em conta os parâmetros específicos das instalações e colaboradores da unidade SGA Maia. A implementação, o mais célere possível para suavizar os efeitos externos da realocização, será o passo seguinte. Para finalizar, serão levantados resultados obtidos e recomendadas melhorias de médio-longo prazo que não se incluem no horizonte temporal desta dissertação.

Tal como no caso, para o desafio das roturas de *stock* de material subsidiário, será, primeiramente, necessário conhecer como decorrem as normais operações da produção, perceber onde e porque ocorrem os erros com maior impacto no controlo e, por fim, implementar ações para os corrigir e minimizar o impacto causado pelos mesmos.

### **1.4 Estrutura da dissertação**

O capítulo seguinte será dedicado ao estado da arte, onde serão explicados os grupos de conceitos e metodologias aplicadas em todo o projeto.

O projeto dividiu-se em três desafios, o armazém de especialidades, o armazém principal e o controlo de material subsidiário. Inicialmente será apresentada a situação inicial de cada um. De seguida, será dedicado um capítulo (4, 5 e 6 respetivamente) onde será exposta a solução proposta e uma discussão dos resultados obtidos.

No final da dissertação, estão apresentadas as conclusões das várias linhas de ação do projeto realizadas, as perspetivas de desenvolvimento seguinte e outras oportunidades de melhoria.



## 2 Enquadramento Teórico

Neste capítulo será feita uma revisão do estado da arte relevante para os tópicos abordados nesta dissertação: desenho e operações de armazéns e gestão de inventário.

### 2.1 Localização em armazém

Os produtos de uma indústria podem ser divididos em produto acabado, matéria-prima, material subsidiário e produto em processo. Estes são repartidos por subfamílias de produtos, como por exemplo embalagens ou peças de metal, para facilitar a sua identificação hierárquica. A partir desta classificação, a localização dentro de um armazém pode passar pela criação de zonas específicas para cada uma das famílias e subfamílias. As desvantagens deste método são a falta de flexibilidade, caso uma família cresça demais para o espaço a si alocado, e a não otimização do espaço ocupado, ou seja, um espaço pode permanecer vazio durante longos períodos de tempo enquanto produtos de outra família são mal armazenados ou deixados no chão por falta de espaço na sua zona.

Outro método de prática comum é o “lugar vazio mais próximo”, o que, segundo Garfinkel (2005) significa alocar produtos a espaços não ocupados no momento da descarrega. Este segundo método trás ganhos a nível do tempo e simplicidade na descarga e garante que não haja muito espaço vazio, no entanto implica perdas de deslocação quando um trabalhador necessita de encontrar um produto por falta de localizações intuitivas, como a localização por família. Peca também por falta de otimização de entropia ao nível de cada produto, pois como um produto pode ter mais do que uma localização, pode provocar erros de inventário ou de *picking* do operário do armazém, e impossibilita uma gestão visual prática. A opção de poupar na atribuição de locais em detrimento da facilidade na recolha é pouco fundamentada em fatos, pois como a Figura 8 demonstra terá mais impacto otimizações ao nível da recolha do que na armazenagem, expedição ou receção combinados.

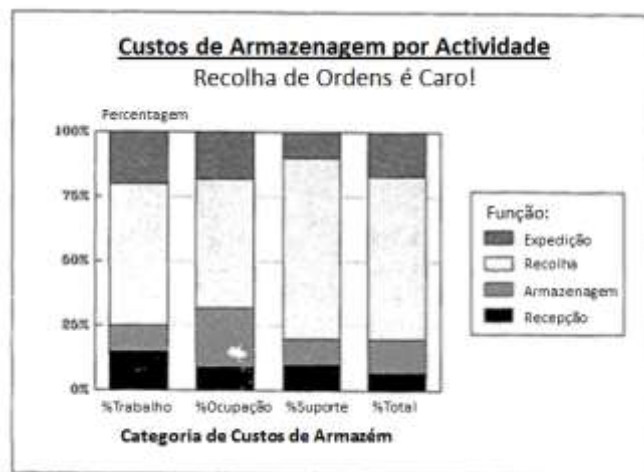


Figura 8 - Distribuição de custos num armazém típico (Drury 1988)

Ambos os métodos, salvo em casos muito simples, falham ao nível das deslocações na recolha de produtos para a responder a pedidos, porque produtos com alta rotação, recolha diária por

exemplo, podem estar alocados em zonas muito afastadas da área de preparação dos pedidos ou saída do armazém.

Como alternativa a estes dois métodos, existem métodos que propõem diminuir tempos de deslocações. Por exemplo posicionar os produtos com mais consumo junto à saída do armazém e ignorando qualquer junção por família ou espaço vazio (Frazelle 1989).

Outra metodologia consiste em alocar produtos mais pequenos perto da saída de material para maximizar as referências por unidade de espaço, aumentando assim a probabilidade de numa dada ordem de produção ser utilizado algum desses componentes mais pequenos.

Como uma filosofia de alocação que tenta conjugar as linhas de pensamento das duas propostas anteriores, surge a regra COI (Cube Order per Inch) (Gu et al. 2007). Ou seja,

$$\text{COI} = \text{Número de ordens de um artigo/Espaço necessário para o artigo} \quad (1)$$

Tendo como critério de alocação os artigos com COI mais alto estarem mais próximos da saída.

Por exemplo, um artigo em que o *stock* médio é de duas paletes e tem uma saída de 30 ordens por dia (COI=15) ficará localizado mais longe da saída do que um artigo que ocupe três paletes mas tenha uma popularidade 50 ordens por dia (COI=16,66), mas mais próximo de um que ocupe uma paleta e 13 ordens por dia (COI=13).

No entanto este critério isolado pode não ser o melhor para minimizar deslocações, dependendo muito da forma como as recolhas são feitas. Nesses casos opta-se por perceber a correlação entre produtos. Ou seja, criar grupos de produtos que tenham uma probabilidade mais alta de saírem juntos e alocar esses grupos mais próximo ou distante da saída conforme o novo COI do grupo.

Muita da gestão de armazém tem apenas em atenção a popularidade de um produto, ou seja guardar o produto mais popular de modo a minimizar a distância de deslocação (Jones 2015).

## 2.2 Recolha de ordens

A recolha de encomendas apresenta-se como uma função essencial de qualquer armazém que pretende alcançar um nível de serviço competitivo enquanto minimiza os custos de inventário e de armazém (Strack and Pochet 2010), sendo responsável por cerca de 60% dos custos totais e por 50% da mão-de-obra de um armazém (Ruben and Jacobs 1999, Broulias et al. 2005).

Conforme as políticas da empresa, a cultura, o tipo de produto e o tipo de produção, existem vários métodos de *picking* num armazém. Regra geral, o método mais utilizado é o de efetuar uma ordem de cada vez e, numa única viagem ao armazém transportar todos os artigos necessários para cumprir essa ordem. No entanto, variações mais complexas podem ser aplicadas e benéficas consoante a situação.

Na primeira variação, mais do que uma ordem é efetuada durante uma viagem por um operador. Neste caso é necessário separar os produtos, ou durante a viagem, “separar-enquanto-recolhe”, em inglês *sort-while-picking*, ou fazendo uso de carrinhos de transporte equipados com separadores, como sugere a Figura 99.

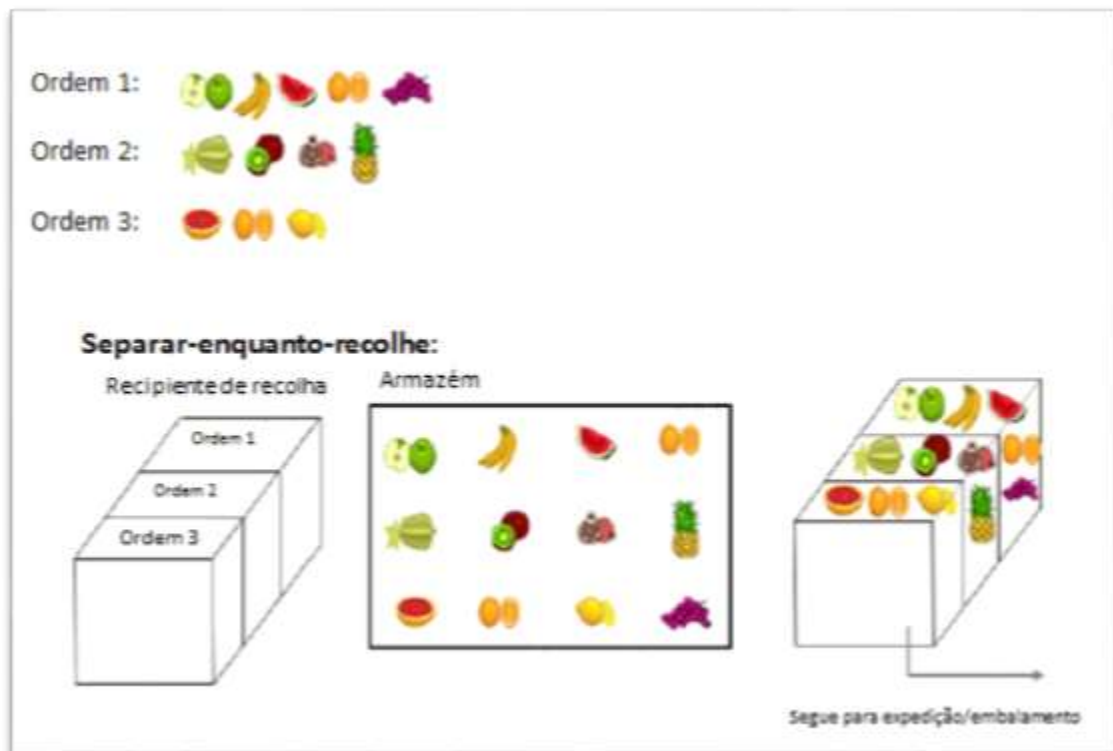


Figura 9 - Separar enquanto recolhe (Sort-While-Picking) (Garfinkel 2005)

Caso a procura de material face à capacidade dos operadores justifique, o operador do armazém pode apenas recolher os itens necessários. Nessa situação, os produtos serão separados por ordem ou pedido num processo seguinte, não pelo mesmo operador do armazém mas por outro colaborador localizado na zona de saída do armazém, por exemplo. Isto permite ao operador do armazém especializar-se em procurar e recolher uma lista de materiais sem se preocupar para que pedido são, aumentando assim a sua capacidade de responder a múltiplos pedidos.

Para o caso de ordens mais complexas, com múltiplos produtos ou em armazéns organizados por zonas e referências, e procura que justifique operadores especializados numa só zona, ou seja a mesma ordem pode ser preparada por vários operadores em simultâneo. Neste caso existem duas abordagens possíveis; a ordem pode ser preenchida sequencialmente, ou seja, começa numa zona e são agrupados todos os produtos dessa ordem dessa zona, e depois segue para a zona seguinte até todas as linhas da ordem estarem completas. Nesta situação, pode ser utilizada a regra do “separa-enquanto-escolhe” ou ser separado no fim por outro colaborador que não o operador responsável pela recolha. Como alternativa a ordem pode ser subdividida em subordens para cada zona e agrupados os produtos no fim (Garfinkel 2005).

A organização e planeamento do processo de recolha de encomendas necessita que, para além de se definia como é feito o trajeto e planeamento da recolha, se o armazém estará ou não dividido por zonas, se o produto será transportado até ao operador (*part-to-picker*) ou se é o operador que se desloca ao local de armazenagem (*picker-to-part*) (Gu et al. 2010). A maior vantagem do sistema *picker-to-part* prende-se com o fato da destreza humana permitir visitar vários locais em cada deslocação pelo armazém (Ruben and Jacobs 1999).

## 2.3 Zona dourada (golden zone)

“O fator humano e ergonómico pode melhorar a eficácia da recolha de ordens” (Jones 2015). Foram efetuados vários estudos para tentar perceber como relações entre fatores humanos

(peso, altura, sexo), fatores ergonómicos (levantar com as costas ou joelhos), disposição física dos produtos e características dos mesmos, influenciam a eficácia da mão-de-obra.

Esta eficácia mede-se tanto em produtividade por hora como em probabilidade de ocorrência de lesões relacionadas com trabalho.

No passado as estações de trabalho eram desenhadas de modo a otimizar o espaço ocupado, no entanto, hoje é mais importante aumentar o conforto do operário, diminuindo fadiga e esforço, de forma a melhorar a sua performance e eliminando a necessidade de restrições ao nível da estrutura corporal.

No caso de recolhas em armazém, a zona dourada é simplesmente o nível do torso do operário. Para otimizar tempos de recolha e diminuir o esforço do operário evita-se a alocação de produtos que necessitem da movimentação das mãos acima dos ombros ou abaixo da cintura e sem dobrar ou esticar a coluna vertebral (RapidPick 2011), como exemplificado na Figura 10.

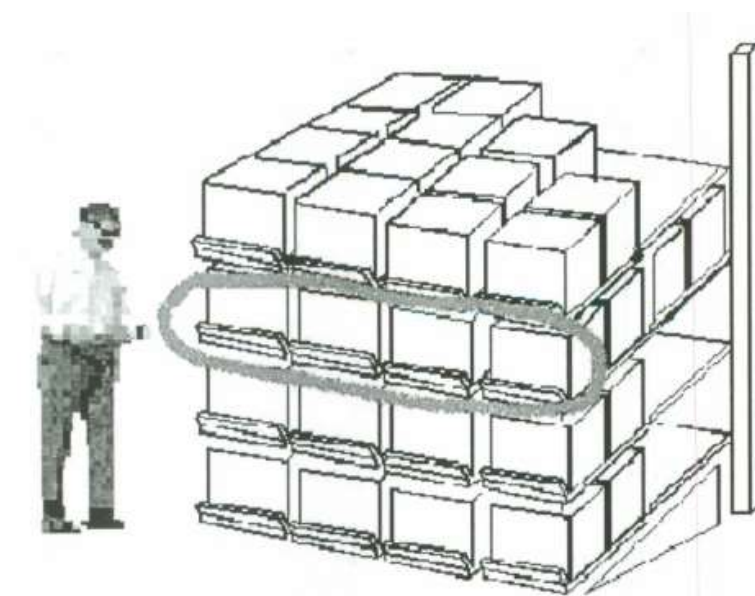


Figura 10 - Conceito de Zona Dourada, (Jones 2015)

## 2.4 Gestão de inventário

Inventário engloba tudo desde matéria-prima, matéria subsidiária, material em fabrico e produto acabado. O ato de monitorizar o inventário inclui determinar qual o nível mínimo de *stock* a manter, quando se deve comprar mais material e qual deve ser a quantidade encomendada (Chase et al. 2001).

As principais funções do inventário são:

- Atender à procura;
- Proteger contra roturas de *stock*;
- Suavizar as variações da procura;

*Stock* é visto como um investimento do qual se retiram lucros. No entanto, uma gestão menos adequada de inventário pode pecar por excesso e defeito. Caso seja permitido um nível de inventário demasiado alto, perde-se margem de manobra financeira para se investir em algo mais vantajoso. Mas pelo contrário, caso o nível seja demasiado baixo para a procura efetiva,

ocorrem roturas de *stock* e consequentes atrasos na produção, provocando uma sensação de incompetência perante os clientes.

Este equilíbrio do nível de inventário é crucial para o ótimo funcionamento de qualquer empresa. No entanto, por falta de precisão, as empresas costumam ter preferência por um dos casos. Por exemplo, caso seja uma empresa com produtos perecíveis ou de rápida obsolescência será importante manter os níveis de *stock* controlados para não ocorrer em demasiados riscos. Por outro lado, para serviços de alta qualidade, onde a marca é associada a alta fiabilidade, um nível de *stock* baixo implica ocorrência de roturas que danificam a imagem do produtor.

De forma a minimizar as flutuações naturais de inventário são feitas previsões. Essas previsões são feitas com base em dados históricos e podem ser complementadas com informação de marketing/comerciais, sendo difícil ter em considerações fatores aleatórios ou fora do controlo como mudanças de mercado, competidores e consumidores.

Existem vários métodos de previsão, sendo os mais utilizados a média móvel simples, média móvel ponderada, suavização exponencial e o método *Holt-Winters*. Cada um destes métodos tem vantagens e desvantagens, particularmente ao nível de precisão e complexidade, sendo a média ponderada o mais simples de aplicar, mas também menos sensível a fatores conhecidos como a sazonalidade que são tidos em consideração no método *Holt-Winters*.

Existem dois sistemas principais de gestão de inventário. No sistema de revisão periódica, o nível de *stock* é comparado com o nível de encomenda a cada período de tempo, por exemplo mensalmente. Este sistema tem a vantagem de utilizar menos meios para o controlo de inventário, por exemplo contagem da quantidade real a cada mês, mas em caso de procura extraordinária do produto pode não se conseguir a flexibilidade necessária para evitar uma rotura.

Outro método é a revisão contínua. Neste sistema é necessário, por exemplo, um *software* de controlo de inventário, cuja utilização tem custos inerentes, mas a sua correta utilização pode trazer uma redução da quantidade em *stock* ao mesmo tempo que melhora ou mantém o nível de serviço.

## 2.5 Stock de segurança

De modo a amortecer a variabilidade inerente da procura de qualquer mercado e ou dos tempos de entrega, usa-se *stock* de segurança. Este serve de garantia para evitar roturas de inventário e os seus consequentes prejuízos, Figura 11. No entanto, roturas irão sempre existir, sendo necessário para a empresa definir um nível de serviço e acomodar o seu *stock* de modo a alcançá-lo.

O objetivo é minimizar o *stock* para minimizar os custos capital empatado em inventário e outros custos de armazenagem.

O *stock* de segurança irá sempre existir, no entanto podem ser tomadas medidas para o minimizar. Com filosofias *lean*, e mais especificamente *Just-in-Time*, é possível reduzir a variabilidade dos fornecedores, o que irá trazer ganhos ao nível do *stock* necessário. Outro modo de o diminuir será a revisão mais apertada do *stock* com períodos mais curtos na revisão periódica do mesmo ou com a implementação de uma revisão contínua.

Um método simples de definir um nível de *stock* de segurança é definir um número de semanas para o qual existe material (Chase et al. 2001). No entanto, este método simplista falha muito devido à variabilidade da procura e do tempo de entrega dos fornecedores.

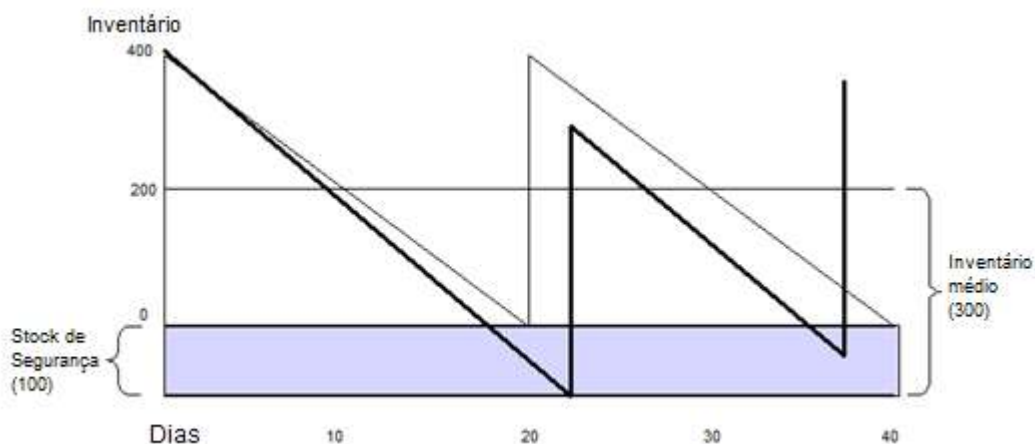


Figura 11 - Exemplo de *Stock* de Segurança (Research Systems Consulting 2014)

Sendo assim, o *stock* de segurança é calculado tendo em consideração a previsão de procura, a variabilidade da mesma, margem de erro estimada da previsão e assumindo que a série de dados históricos segue uma determinada distribuição. Como dito anteriormente, é possível também incluir a incerteza associada aos prazos de entrega neste cálculo do *stock* de segurança.

## 2.6 Análise ABC

Em qualquer armazém existem produtos com mais valor para a empresa que outros, no entanto, é necessário saber ao certo quais os produtos mais valiosos.

Uma *framework* comum é a análise ABC, também denominada análise seletiva de inventário, que se pode aplicar em gestão de inventário. Esta teoria afirma que as referências que trazem 80% do valor total representam apenas 20% dos produtos totais, Gráfico 1. Este é o princípio geral do ABC, onde é gerada uma listagem de classes para os produtos conforme a receita que produzem. Os valores de 80-20 não são rígidos, mas regra geral aplicam-se na realidade. O valor de cada classe também não é rígido, devido a fatores próprios das empresas um produto pode ser classificado como A mesmo tendo uma receita baixa por motivos especiais, como o fato de ser um produto muito associado à marca, onde a falha na provisão do mesmo ter danos não proporcionais ao seu valor.

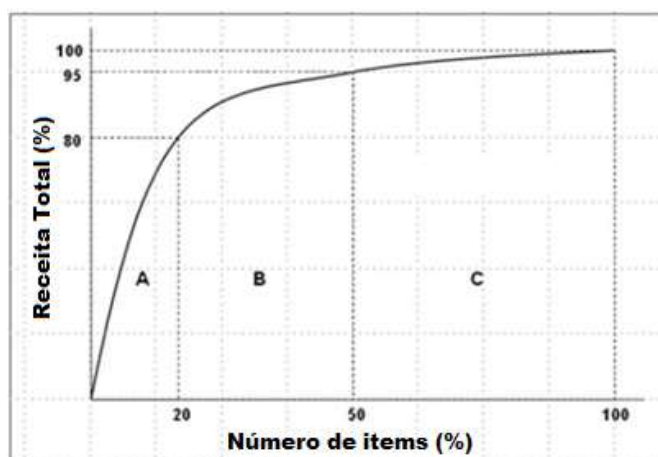


Gráfico 1 - Exemplo de classificação ABC (Exact Globe 2008)

Pode também ser útil a diversificação em mais classes, como por exemplo ter em consideração o tempo em que um produto está num mercado. Um produto com menos de um ano no mercado ainda será muito volátil para lhe ser atribuído uma classe concreta, e o mesmo para produtos em fase de liquidação.

Além do critério de volume de receitas de cada referência pode também ser utilizado o volume em quantidade ou a margem de lucro total ou uma junção destes critérios para a sua classificação ABC.

A partir da atribuição da classe torna-se mais simples saber quais os melhores candidatos para uma abordagem específica, de forma a otimizar o tempo e recursos despendidos.

## 2.7 Desperdícios

Segundo a filosofia *Lean*, produção enxuta, existem 7 desperdícios comuns que são a raiz de toda a atividade que não adiciona valor para o cliente final e nem gera lucros para a empresa. Para Kilpatrick (2003) estes desperdícios agrupam 95% dos custos de produção não *lean*.

Segundo Sugimori et al. (1977), esses 7 desperdícios são classificados da seguinte forma:

- 1) Transporte: todos os movimentos desnecessários de produtos, materiais ou informação entre processos. Distinto de movimentações, identificado em baixo. Este transporte excessivo pode ser melhorado com mudanças na alocação dos produtos de forma a reduzir as distâncias absolutas percorridas, otimizar a velocidade do transporte, criando caminhos próprios e minimizando riscos que levem a reduções de velocidade.
- 2) Inventário: todo o material ou produto em armazenamento como matéria-prima, trabalho em processo, produto semiacabado ou produto acabado armazenado. Além de ser capital parado que poderia ser investido noutro local, tem associado custos de manutenção e necessidades de espaço físico. Uma abordagem MTO à produção reduzirá o inventário físico ou a implementação de filosofias como *Just In Time (JIT)* pode otimizar ao máximo os custos de retenção e manutenção do inventário.
- 3) Movimentações: qualquer movimento feito pelos operários que não adiciona valor ao produto. Estas movimentações podem ser provocadas por uma fraca organização do espaço de trabalho, falhas ao nível ergonómico, procura por material armazenado no sítio errado ou ainda desmotivação do operário por falta de formação ou realização excessiva de tarefas monótonas e/ou repetitivas. Para reduzir este desperdício, uma aposta na formação dos trabalhadores, reestruturação do ambiente de trabalho e simplificação de tarefas é o caminho a seguir.
- 4) Espera: tempo não utilizado, por máquinas ou pessoas, à espera do próximo passo do processo. Este desperdício é provocado por um fraco planeamento e equilíbrio de fluxos do equipamento, ou por outros desperdícios como transporte excessivo ou defeitos.
- 5) Excesso de Produção: produção de algo que não é preciso no momento. Isto cria inventário em demasia, retira tempo de máquina e mão-de-obra de atividades mais importantes, apesar de serem feitos lotes grandes para rentabilizar o tempo máquina ou material utilizado pode não ser vantajoso. Poderá ter mais vantagens adotar um sistema de lotes pequeno de modo a dar flexibilidade e equilibrar o nível de produção.
- 6) Excesso de processos: é considerado processamento extra quando se produz algo com qualidade superior à requerida pelo cliente, não trazendo valor acrescentado para o mesmo.
- 7) Defeitos: trabalho ou produto com erros ou com carência de alguma característica necessária. Os defeitos levam à necessidade do aumento de *stocks*, consomem energia, tempo e mão-de-obra desnecessária. Tradicionalmente é o desperdício mais visível e

no qual as empresas investem mais recursos em corrigir. Por isso raramente é o desperdício com maiores custos numa linha de produção.

O desperdício com maior impacto é a produção excessiva, porque multiplica todos os outros desperdícios.

Recentemente começa a aparecer um oitavo desperdício, o desperdício do potencial dos trabalhadores.

- 8) Talento não utilizado: a utilização pouco eficaz dos colaboradores pode conduzir uma alta taxa de absentismo provocada por uma sensação de falta de realização e aproveitamento do potencial de cada um. Este desperdício provém da falta de formação e treino dos trabalhadores, alocação de pessoas erradas para desempenhar uma determinada posição e a falta de consideração das opiniões de quem trabalha no local. Ao incentivar uma cultura aberta, é criado um ambiente menos hostil de trabalho, onde cada trabalhador se sente valorizado, eleva-se o nível de autonomia e diminui-se a necessidade de controlo e supervisionamento (Liker 2004).



### 3 Diagnóstico Inicial

A existência de material em *stock* é um “mal” necessário ao funcionamento de uma fábrica para fazer face às incertezas de fornecimento. Mas nesta era de competitividade e volatilidade de mercados é necessário otimizar esse desperdício e assegurar entregas com o produto certo, quando, como e para quem foi encomendado.

A armazenagem na SGA Maia está dividida entre vários armazéns. As duas primeiras partes do projeto, ou linhas de ação, terão como área de atuação dois armazéns distintos:

A primeira parte da dissertação consiste na alocação de novos produtos no espaço disponível, de forma a reduzir o tempo de procura de material e minimizar tempo de deslocação.

Utilizando a primeira parte do projeto como base, a segunda parte da dissertação irá abordar o desperdício de tempo causado pelo deslocamento de operadores de máquina ao armazém e de como uma mudança na alocação de produtos pode trazer benefícios à capacidade da produção.

Por fim, na terceira parte do projeto, é abordado o descontrolo de *stock* de embalagens, quais as razões da sua existência, as suas consequências e ganhos potenciais na sua regularização.

#### 3.1 Armazém de Especialidades

Com a chegada de uma nova linha de produtos, chamados de especialidade, tornou-se necessário dedicar uma zona para armazenar e montar uma o equipamento necessário para o processamento dos novos produtos, nomeadamente balanças, impressora de etiquetas, mesas para embalar e máquinas para selar sacos de plástico.

Para tal, foi necessário recolher dados sobre os processos de fabrico desta nova zona.

Trata-se de uma zona de reembalagem, os produtos chegam avulso de outra fábrica do grupo Saint Gobain, são retirados das embalagens originais, por exemplo, com 1000 peças por caixa, e embalados em caixas mais pequenas com 50 peças por caixa, com a etiqueta do cliente final.

Na situação atual os produtos encontram-se em paletes espalhadas pelo espaço não ocupado do armazém de matéria-prima e subsidiária (Figura 13).

Neste cenário, o principal problema prende-se com o fato da única maneira de saber a localização de um produto é uma listagem em que apenas é fornecido a referência e descrição do produto e a paleta em que se localiza. Apesar das ordens de produção serem impressa em papel e existir um campo reservado na ordem para indicar localizações, não é fornecida informação da paleta diretamente na ordem, é necessário procurar o produto a embalar numa lista extensa, com mais de 500 linhas, para encontrar a identificação da paleta correspondente.

As paletes são identificadas por números. A grande maioria dos produtos existe apenas numa paleta. A organização das paletes não está feita numa estante, mas sim ao nível do chão, o que por um lado facilita a recolha de produtos pelo operador, mas aumenta consideravelmente espaço ocupado no armazém. As paletes, apesar de estarem identificadas por números (Figura 12), não estão organizadas por qualquer ordem. Sendo que a paleta 43 pode estar perto da 42 ou do outro lado do armazém, por exemplo.



Figura 12 - Armazenagem na situação inicial

index	nazwa materialu	set
10000001	10 V001 V001 P00 S01 T2 NO S0M	50,00
10000002	10 V001 V001 P10 S01 T2 NO S0M	13,30
10000003	10 V001 V001 P10 S02 T2 NO S0M	45,00
10000004	10 V001 V001 P20 S01 T2 NO S0M	13,30
10000005	10 V001 V001 P40 S01 T2 NO S0M	107,60
10000006	10 V001 V001 P40 S02 T2 NO S0M	87,00
10000007	10 V001 V001 P10 S01 T2 NO S0M	100,10

Figura 13 - Identificação das paletes

Como se trata de uma zona nova, ainda não estabilizada em termos de processos ou do nível de trabalho, será mais fácil alterar procedimentos de recolha de produtos, especialmente por estes movimentos serem realizados por funcionários relativamente novos na empresa, sem hábitos muito vinculados.

Apesar dos produtos serem recebidos avulso, uma paleta é composta por mais do que um produto. Cada produto tem volumes muito diferentes, desde 1000 peças por metro cúbico até 25 por metro cúbico. Esta informação sobre o volume, ou sobre o peso, não se encontra disponível numa base de dados, o que traz complicações ao nível da alocação.

Embora se trate de uma linha de produção transferida de outra unidade fabril do grupo, a procura efetiva nesta unidade é muito desfasada da procura prevista com os dados do último ano de laboração da outra fábrica. A razão para esta discrepância prende-se muito com um dos maiores clientes destes produtos ter aumentado o seu nível de *stock* significativamente, tendo alguns produtos triplicado. Assim, existem dificuldades ao nível do departamento de compras, e consequentemente ao nível da organização do armazém, quanto ao nível de *stock* médio, quantidade máxima, tamanho do lote de encomenda e de *stock* segurança.

O tempo de entrega dos produtos oscila entre uma e duas semanas para material subsidiário, caixas e etiquetas, e entre duas semanas a três meses para os produtos semi acabados.

Não existe qualquer restrição de ambiente para os produtos, quer de refrigeração, arejamento ou humidade. Caso se verificasse era necessário ter em consideração aquando do zoneamento dos produtos.

O armazém novo destinado a esta linha de embalagem é o segundo andar do armazém em sistema de prateleiras em vários níveis (Figura 14), mantendo-se o primeiro andar inalterado. Este tipo de armazenagem é o ideal para aproveitamento do espaço em altura mantendo uma metodologia de *part-to-picker* essencial para esta linha de embalagem.

Este armazém antigamente era dedicado a amostras para os comerciais, *stock* intermédio de algumas referências de embalagens e produto acabado. As amostras para comerciais foram transferidas para outro armazém mais protegido para se manter melhor controlo do acesso às mesmas. O *stock* intermédio de embalagens foi eliminado. Quanto ao produto acabado, sendo a empresa dedicada exclusivamente a *make-to-order* esses artigos já não são armazenados.

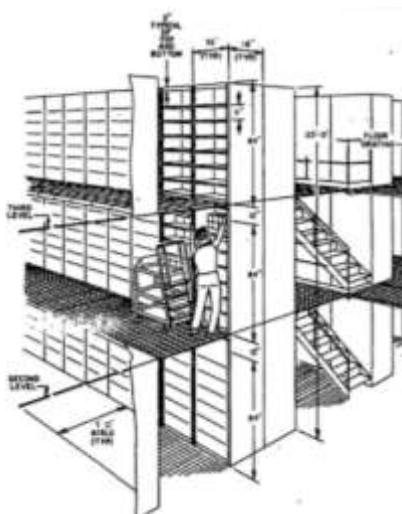


Figura 14 - Tipo de armazenagem (Frazelle 1989)

A escolha desta área para o armazém teve em consideração alguns fatores. O fato de ter espaço suficiente para armazenar todo o produto necessário, incluindo material subsidiário exclusivo desta linha de produção e ainda espaço para o processo de embalagem a menos de 2 m das prateleiras.

O fato de estar localizado muito próximo da área expedição minimiza as deslocações internas do produto já embalado para a zona de carga. Tem, no entanto, algumas contrapartidas, por estar desnivelado necessita de um empilhador para elevar a matéria-prima para ser armazenada e para descer o produto final para zona de expedição.

Apesar de a situação ser longe do ideal ou até de qualquer situação minimamente aceitável, foram levantados tempos e capacidade de *output* semanal do mês anterior à organização do armazenamento para se comparar e medir a performance da alocação de produtos a implementar (Tabela 1).

Tabela 1 - Output Inicial das SPE

Semana	Output semanal	Diário	Por hora e por operário
5	78500	29625	872,2
6	124274	24854,8	1104,7

<b>7</b>	132565	26513	1178,4
<b>8</b>	122044	24408,8	1084,8
<b>Média Inicial</b>	<b>126294</b>	<b>25258,9</b>	<b>1122,6</b>

### 3.2 Armazém de Embalagens

Quando os operários têm necessidade de um material, estes tem liberdade de se deslocar ao armazém e recolher o que precisam, exceto se houver necessidade do auxílio de um empilhador. Esta situação provoca um desperdício no tempo das máquinas que, por serem maioritariamente manuais, não produzem sem a presença permanente do operador.

Este desperdício de tempo varia consoante o operador, o material e especialmente a rotação desse material. Há casos extremos de quase uma hora de paragem da máquina devido ao operador da mesma não encontrar o material necessário, ter de pedir confirmação ao departamento de planeamento da existência efetiva do material em armazém, apenas para descobrir que o material se encontrava sem uma etiqueta descritiva numa localização fora do comum.

A frequência de viagens ao armazém depende das características das ordens de produção. No caso de serem várias ordens para o mesmo produto com a mesma embalagem, é necessária uma única viagem para recolher o material necessário para várias ordens, resultando em menos viagens no mesmo dia. O mesmo se verifica quando são ordens de grandes quantidades e com tempo de embalamento de várias horas.

Antes da implementação de qualquer mudança foram cronometrados os tempos e frequência das deslocções dos operários ao armazém apenas para recolher embalagens (Tabela 2).

Tabela 2 - Desperdícios de deslocação na situação inicial

Nº de operários com acesso ao armazém	Viagens diárias por operário	Tempo médio de deslocação (min)	Total de deslocação por turno (min)
<b>6</b>	<b>7</b>	<b>6,43</b>	<b>270,06</b>

No armazém as matérias-primas estão desorganizadas. Pecam por falta de localizações designadas e inseridas no *software* de gestão SAP para uma busca simplificada e rápida, pecam também por uma mistura de tipos de produtos no mesmo espaço, o que dificulta uma busca intuitiva.

De acordo com as metodologias de alocação de *stock* descritas no Capítulo 2.2, a filosofia de arrumação de agrupamentos por famílias foi a escolhida aquando da transferência do material para o armazém, mas por falta de planeamento antecipado, falta de flexibilidade de espaço dentro de cada família, surgimento de novos produtos e famílias, este método não se manteve e foi sendo aplicada uma mistura desta filosofia de famílias com a metodologia do lugar vazio mais próximo.

Isto gerou, em menos de dois anos desde a transferência para este armazém, uma desorganização aparente para qualquer pessoa exterior à empresa.

Os operários apenas sabem localizar os produtos que usam regularmente. Caso seja necessário algo mais incomum, é necessário chamar o responsável de logística e mesmo este tem dificuldades na localização dos materiais, não tendo nenhuma listagem ou documento sobre a localização dos produtos. Em casos extremos, mas verificados, eram gastos mais de uma hora a duas pessoas para procurar um produto.

Existe assim uma grande margem para otimização quer a nível de minimização de deslocações, como aproveitamento de espaço disponível e simplificação no processo de formação de novos colaboradores.

Dado que a empresa tem previsões de crescimento significativo no curto prazo, quer em termos de receitas como de pessoal, esta simplificação na formação não deve ser desprezada.

### 3.3 Discrepância entre *stock* efetivo e em sistema

Sendo uma indústria transformadora que tem como principal valor a flexibilidade de entrega dos produtos, eliminando *stock* de produto acabado, com um nível de serviço desejado de 95%, as roturas de matéria-prima são o principal entrave a este objetivo. Além do desperdício provocado em termos de tempo de deslocamento referido no Capítulo 3.2 existe outro principal entrave à fluidez e fiabilidade do armazém.

A maioria dos atrasos, cerca de 70%, deriva de faltas de material. Apesar de ter um sistema de gestão com o *software* SAP implementado, as BOMs (*Bill of Materials*), ou listas de materiais, das ordens de produção não são fiáveis o suficiente para controlar remotamente as quantidades de *stock*. Estes erros podem ter várias fontes; mas a maior parte surge na construção das BOMs. Esses erros podem ser por omissão do material a usar ou a indicação de um material que não pode ser utilizado, por exemplo uma caixa com 120 mm de diâmetro para embalar discos de 150 mm. Nestes dois últimos casos, a responsabilidade recai no operador para explicitar o material que utilizou. No passado foram efetuadas várias formações e outros esforços para criar uma maior consciência na altura de corrigir os erros das BOMs na produção, mas sem melhorias visíveis.

Outro problema, ainda que a uma escala menos crítica, é o atraso entre emissão de ordem, produção e baixa dos materiais no sistema. Na base de dados, não existe nenhum trabalho em curso, o que significa que a matéria-prima só tem baixa após a expedição do produto final. Nesse período de tempo, desde a produção até à expedição, podem ser emitidas outras ordens de produção para um material já em rotura. Nestes casos, as ordens de produção são devolvidas ao planeamento. Caso se verifique a falta efetiva de material, quando ocorrem descargas de fornecedores, é necessário confirmar a chegada do material em falta para se voltar a enviar a ordem de volta para a produção. Isto provoca um retrabalho excessivo de ordens. Este desperdício podia ser minimizado caso estivesse implementado um sistema de trabalho em curso que impedisse a emissão de novas ordens caso o material disponível menos material em curso não fosse suficiente para satisfazer a nova encomenda.

Estas situações tornam-se ainda mais críticas quando os atrasos são provocados por falta de material subsidiário, como embalagem ou etiquetas, cujo custo de aquisição e armazenagem são uma porção pouco significativa do custo do produto final. Com o atraso entre consumo efetivo de matéria-prima e baixa da mesma no sistema, caso seja produzido e não embalado por falta de material subsidiário, não é dada a baixa da matéria-prima já transformada até ser expedida a encomenda, o que pode demorar uma semana ou mais em casos esporádicos.

Uma solução possível é corrigir as ordens de produção para que os valores do SAP e os valores efetivos de *stock* não sejam tão desfasados sem ter de confiar nas ações dos operários. No entanto, com mais de 38 mil referências de produtos distintos, trata-se de um processo gradual, pois algumas referências raramente são produzidas.

Também é proposto uma maior responsabilidade na criação das BOMs de referências novas, no entanto, este é um processo exterior à fábrica da Maia. As BOMs são originalmente criadas na unidade central da seção de abrasivos do grupo Saint-Gobain em França, tendo depois cada unidade liberdade de fazer alterações.

Além da correção gradual das listas de material, existem outros mecanismos implementados para tentar minimizar este problema. De forma a controlar os erros nas BOMs os colaboradores foram instruídos para caso esteja errada ou caso usem outro material que não os descritos na ordem que modifique a ordem. Apesar de quando questionados todos os operários conhecerem esse procedimento, uma parte razoável de ordens erradas não eram corrigidas, ou por falta de disciplina ou simplesmente por distração.

Também como de forma a controlar melhor a quantidade do material subsidiário com menos rotação, foi imposta uma “rule of thumb” de quando se abrir a última paleta ser dada ordem de compra do material. Exemplificando o caso da Figura 15, quando for necessárias as embalagens da paleta da estante superior, será requisitada a compra de mais material desta referência.



Figura 15 - Exemplo da “rule of thumb” para material subsidiário

Esta regra é redundante ao SAP e funciona relativamente bem, mas só para os materiais com inventário médio de mais de três paletes e uma rotação relativamente baixa. Todos os meses é também feito um inventário à matéria subsidiária de forma a evitar o descontrole das quantidades em *stock* mantidas na base de dados. É necessário um dia de trabalho tanto para um operário como para um dos assistentes do departamento de compras.

Não tendo informação sobre as roturas efetivas de *stock* de material subsidiário, foi analisado os desvios identificados pelos inventários mensais de forma a traduzir a evolução da situação de descontrole do inventário. Estes desvios são calculados pela diferença entre o número de caixas em armazém e a quantidade estimada pelo SAP.

Usando a informação do último ano, a média do desvio absoluto é de 8479 caixas por mês. No entanto, visto que no mês de Agosto a fábrica fecha 3 semanas e o desfasamento entre *stock* no SAP e efetivo se tornou mais alarmante nos últimos meses, fará sentido usar como referência a média do último semestre, 9262 caixas por mês (Gráfico 2).

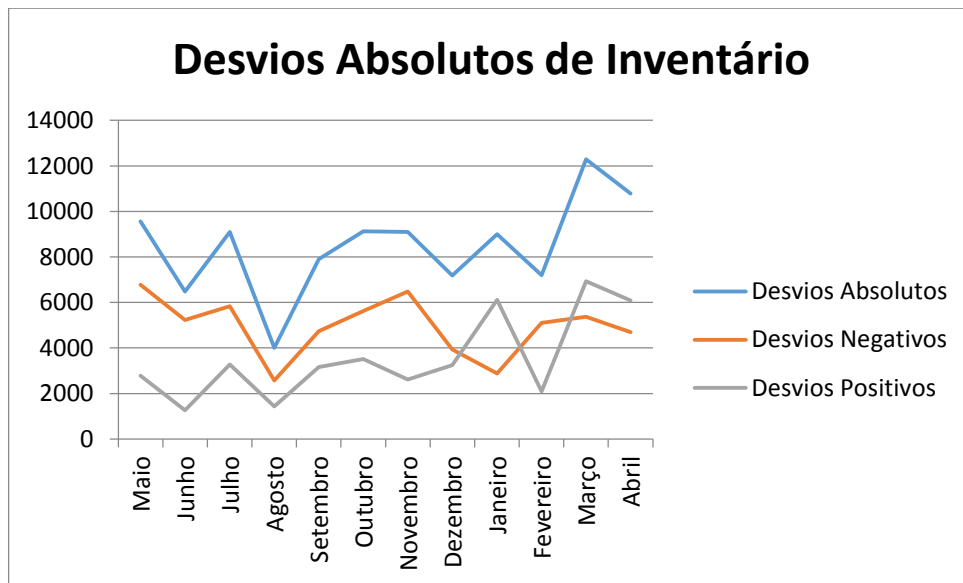


Gráfico 2 - Evolução dos Desvios em Inventário

Dada a criticidade, especialmente para as matérias subsidiárias, é necessária uma solução mais rápida e que sirva de sistema redundante ao SAP caso este tenha falhas tão graves como as que se verificam atualmente.

## 4 Parte 1 - Armazém de Especialidades (SPE)

De modo a entender melhor o percurso do material até chegar à linha de produção, analisa-se o VSM, *Value Stream Map* da Figura 16. O material utilizado provém de três países diferentes, sendo o mais crítico localizado do outro lado do Oceano Atlântico, necessitando de dois meses desde a requisição de compra até à sua entrega, sem ter em consideração possíveis atrasos.

Este VSM, apesar de ser aplicável na situação atual com algumas modificações, tem como base de construção a situação da outra fábrica da Saint-Gobain de onde veio transferida para a unidade da SGA Maia.

Como já foi referido no capítulo 3.1, não existe nenhuma estante ou outro tipo de arrumação para o material que veio em aglomerado na transferência.

### 4.1 Processo de recolha de produtos

O processo de embalamento nesta zona já foi referido anteriormente, no Capítulo 3.1. O material é embalado nas quantidades e nas caixas pretendidas pelos clientes. Não existe qualquer tipo de transformação no produto além do seu embalamento.

Apesar de cada material ter uma descrição própria do produto, os colaboradores desta zona não necessitam de ter essa informação para trabalhar. Quando recebem uma ordem apenas necessitam da referência SAP associada. Assim, excluiu-se qualquer agrupamento que pudesse ser feito por famílias de produtos para tornar o processo de recolha mais intuitivo. Torna-se também redundante qualquer informação visual de distinção entre os produtos.

No entanto, será extremamente crítico manter os produtos bem identificados pelo código SAP, para evitar trocar de caixas e será também importante evitar também a mistura de produtos.

Como descrito na situação inicial (Cap. 3.1), as ordens são impressas em papel, por isso não incluem qualquer informação dinâmica quanto a quantidades em *stock*. Existia uma coluna reservada às localizações dos produtos no papel das ordens de produção, no entanto nenhum produto tinha essa característica definida no SAP, por isso não estava presente na ordem de produção.

### 4.2 Restrições e pressupostos

Na transferência foram delegadas mais de 500 referências de produtos para esta linha. Os produtos foram agrupados em 2 famílias, produtos abrasivos e material subsidiário, e subdivididas em 32 subfamílias. A maior subfamília é a dos discos com botão, com a designação SPE ZMD, e engloba cerca de 70% da quantidade total de produtos mas apenas 30% do número de caixas (Gráfico 3).



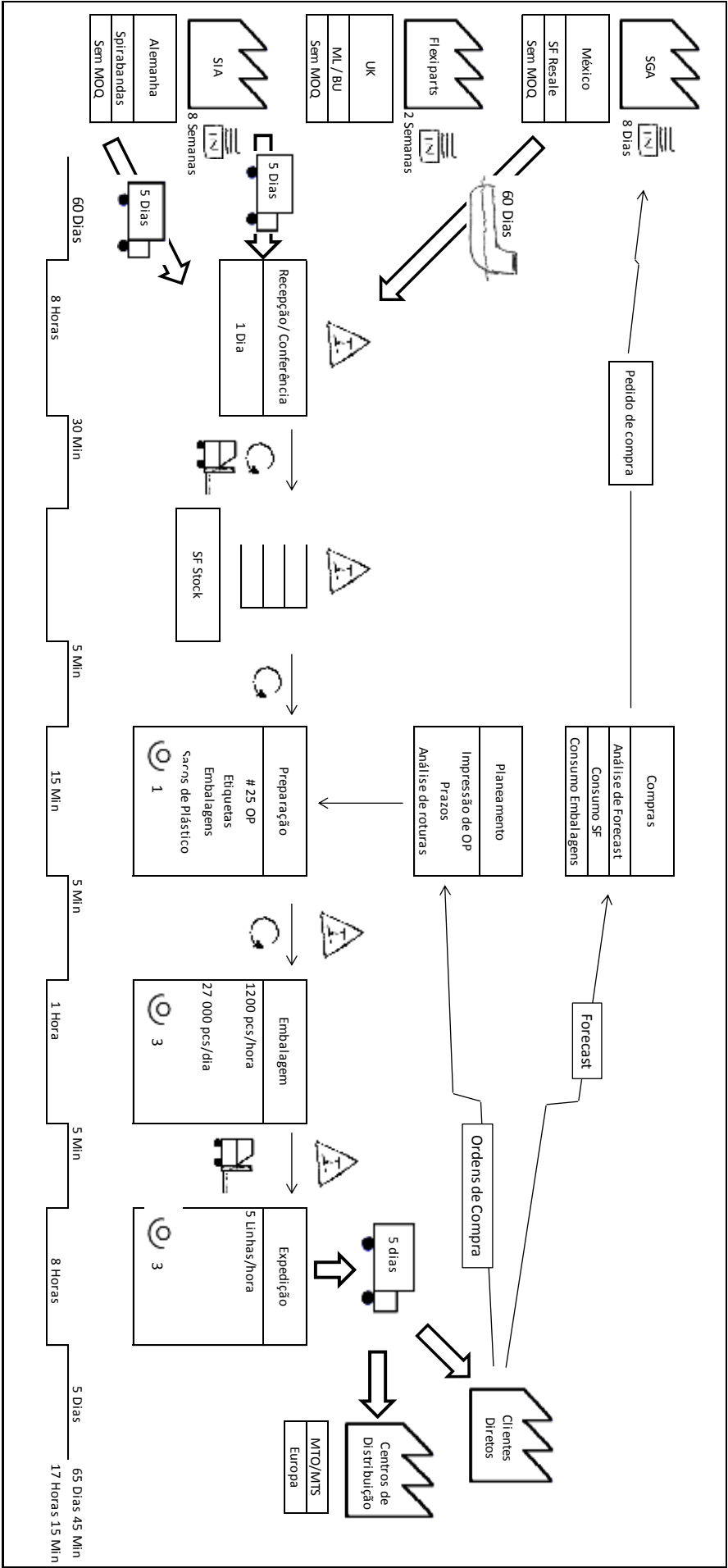


Figura 16 - Value Stream Map das especialidades

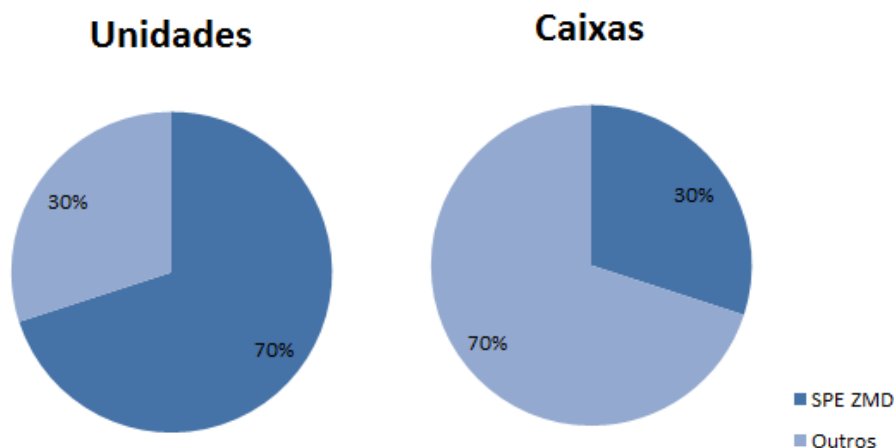


Gráfico 3 - Distribuição das SKUs das Especialidades

Quando foi feito este levantamento, existia uma urgência em armazenar estes produtos, devido ao espaço que ocupava. A mudança para o novo armazém teve de se efetuar mesmo não sabendo dados sobre os consumos da outra fábrica. Esta falta de informação mostrou-se fulcral na análise para a localização dos produtos de modo a minimizar deslocações.

De modo a resolver este défice de informação, fez-se uma aproximação considerando a quantidade de material transferido de cada SKU proporcional ao seu consumo.

Esta aproximação não se revelou a ideal, devido a algumas referências obsoletas e às diferenças de procura referidas no Capítulo 3.1, mas foi uma aproximação que se revelou apropriada em comparação com os dados recebidos posteriormente, principalmente para os produtos mais críticos.

Existia outra restrição relacionada com o défice de informação. Para determinar a alocação de produtos no armazém e atribuir localizações a SKUs, torna-se imprescindível a informação sobre a quantidade de produto por caixa, das dimensões e peso das caixas. Esta informação não estava disponível no SAP para nenhuma das referências.

Foi necessário fazer um levantamento dessas características. Quanto às dimensões e quantidade por caixa, o produto é muito semelhante dentro da mesma família. Com as medidas de 5 amostras de cada subfamília, utilizou-se o valor mais alto como estimativa. É importante referir que dentro da mesma família as dimensões variam no máximo 10 cm<sup>2</sup>.

Quanto ao peso foi apenas analisado se pesava menos de 2 quilos (0), entre 2 e 5 quilos (1) ou mais de 5 quilos (2). O peso não varia significativamente dentro da mesma subfamília. Os dados recolhidos são os representados na Tabela 3.

Tabela 3 - Características das subfamílias SPE

Família	Subfamília	Largura	Altura	Comprimento	Quant./Caixa	Peso
<b>SPE</b>	SPE ZMD	260	260	260	1000	1
<b>SPE</b>	SPE ZPE	165	115	610	1000	1
<b>SPE</b>	SPE ZSPI	110	80	110	100	1
<b>SPE</b>	SPE ZSB	260	260	260	100	1
<b>SPE</b>	SPE ZC2	260	120	610	1000	1
<b>SPE</b>	SPE ZBP	160	90	160	10	0
<b>SPE</b>	SPE ZOSD	160	160	160	100	1
<b>SPE</b>	SPE XBPI	235	240	235	100	1
<b>SPE</b>	SPE ZSP	235	240	235	100	1
<b>SPE</b>	SPE XCB	235	240	235	100	1
<b>DIB</b>	ZMD	315	315	315	1000	1
<b>ZSB</b>	Alox	200	100	140	50	1

<b>ZSB</b>	Zir	200	100	140	50	1
<b>ZSB</b>	ZSB	200	100	140	50	1
<b>BU</b>	BU QCH	190	150	190	25	1
<b>BU</b>	Spindle	190	150	190	100	2
<b>BU</b>	Gumowa	110	70	80	1200	1
<b>BU</b>	Spiraband	230	115	240	100	0
<b>BU</b>	HOLDER	105	160	105	25	1
<b>BU</b>	Rekucja	190	150	190	1000	2
<b>DIR</b>	ZMD	400	400	400	350	1
<b>DIS</b>	ZMD	155	160	160	500	1
<b>ZMD</b>	ZMD	400	400	400	500	1
<b>UNW</b>	WZM	125	200	130	60	0
<b>SHS</b>	SHS HP	800	1150	1150	2700	2
<b>Metal washer XS</b>	Metal washer XS	185	115	140	1500	1
<b>ML</b>	ML	125	210	125	240	2
<b>TWL</b>	TWL	90	90	90	50	1
<b>KIT</b>	KIT	260	140	260	5	0
<b>ZPW</b>	ZPW	305	390	310	100	1
<b>POLISHING SOAP</b>	POLISHING SOAP	240	160	310	100	2
<b>SHO</b>	SHO SRE	240	160	310	1000	1
<b>MAND</b>	MAND	240	160	310	100	2

Para a simplificação do problema inicial, impôs-se alguns pressupostos.

1. A configuração física da área de armazenamento é fixa, na realidade poderia ser mudada mas implicaria custos inportáveis e um tempo de construção fora dos limites do projeto;
2. A configuração física das estantes é fixa, com três andares ou níveis; nível do chão, até aos 80cm de altura, primeiro nível com altura dos 80 aos 160 cm (Golden Zone) e acima dos 160 cm, o nível mais alto, restringindo a altura máxima dos produtos até 210 cm. Não se considera possibilidade de acrescentar níveis intermédios;
3. Não é considerado nenhum fator de congestionamento. Dos 3 funcionários permanentes desta linha, apenas um tem como função a recolha dos SKUs;
4. São recolhidos apenas os SKUs para uma ordem em cada viagem, não há possibilidade de utilização de qualquer apoio de transporte devido à largura dos corredores não ser suficiente para uma paleta e porta-paleta e as ordens tem volume demasiado grande para serem recolhidas duas ou mais numa única viagem;
5. Não existe partição de SKUs, ou seja, cada SKU é armazenada num só local. Apenas em casos extraordinários de pico de armazenamento é possível guardar num local que não o designado;
6. O tempo de procura e recolha é independente da distância percorrida e da localização dos SKUs;
7. O tempo de deslocação é proporcional à distância percorrida.

### 4.3 Definição da organização do armazém

A nomenclatura utilizada para a designação das localizações foi constituída tirando partido das placas com letras já instaladas, Figura 18 e utilizando o seguimento 1 e 2 para a estante da esquerda e direita do corredor respetivamente, exemplificado na Figura 17. Por exemplo, “A1” indica no corredor “A” a estante da esquerda. Quanto aos níveis da estante, é designado por 0 o nível do chão, 1 e 2 os níveis superiores. Dentro da mesma prateleira será dado um

número sequencial, tomando como exemplo o primeiro item da estante A1, ao nível do chão, tem atribuída a localização A10-01.

Para a atribuição de locais, o material subsidiário é o mais simples de atribuir devido ao espaço necessário. Através de uma previsão de procura, define-se que a maioria das embalagens com dimensões mais reduzidas tem maior popularidade, necessitando assim de



Figura 18 - Placas de identificação dos corredores

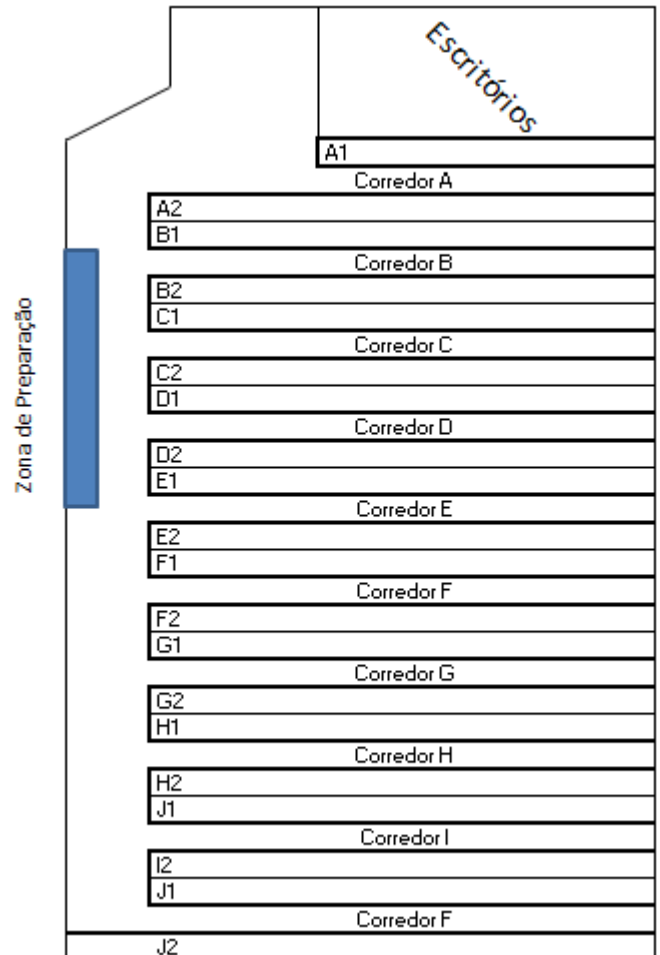


Figura 17 - Nomenclatura do armazém SPE

estar mais perto da preparação de embalamento. Assim atribui-se as primeiras 3 estantes, A1, A2 e B1 para as embalagens e sacos de plástico pequenos. As restantes caixas de maiores dimensões ficam nas estantes I2 e J1, as mais distantes da zona de preparação.

Apesar de existir mais uma estante, J2, não é tida em consideração visto ainda conter amostras dos comerciais que não puderam ser realocadas para fora deste armazém.

Com as localizações classificadas e o material subsidiário alocado, restam cerca de 500 referências dos produtos abrasivos das especialidades. Para tal é construída uma matriz de distâncias conforme a disposição das estantes e tendo em consideração a localização da zona de preparação. Para tornar mais fácil a compreensão observe-se a Figura 19, o gradiente do vermelho ao verde indicam a magnitude da distância percorrida, a cor cinzenta representa o material subsidiário já atribuído e a bege a estante das amostras comerciais.

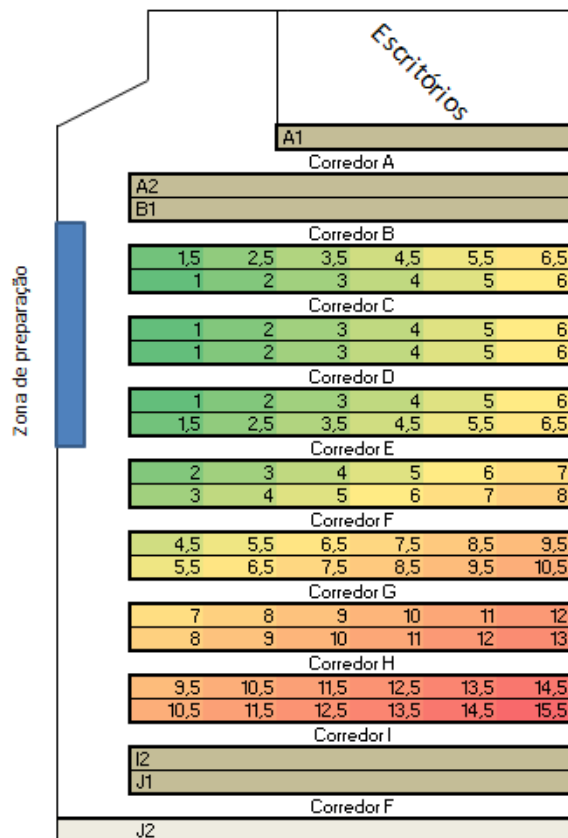


Figura 19 - *Heat Map* para as distâncias percorridas por localização (SPE)

Retirando o espaço ocupado pelas vigas de suporte, cada corredor tem um comprimento de 6,6m de espaço disponível. Para estimar o número de localizações por estante foi definido um espaço como sendo 125 mm de comprimento, depois, consoante a altura e profundidade da caixa de cada subfamília é calculado o número de caixas por local com 125 mm de comprimento. Por exemplo, a subfamília SPE ZMD, com dimensões de um cubo com 260 mm de lado, irá ocupar 3 posições com uma só caixa, mas essa posição pode levar até 9 caixas nos níveis 0 e 1 e 6 no nível 3, devido a restrições de altura.

Com este valor de caixas por posição, foi atribuída uma classe, conforme a classificação ABC, Gráfico 4, e um valor entre 0, 1 ou 2 conforme o peso seja menor do que 2 quilos, entre 2 e 5 quilos e mais do que 5 quilos, respetivamente. A classe A é composta por 20% das SKUs que contabilizam 76% do valor total, a classe B são os 30% das SKUs seguintes e juntamente com a classe A representam 95% do valor total, por fim, a classe C representa apenas 5% do valor investido mas é composta por 50% das SKUs.

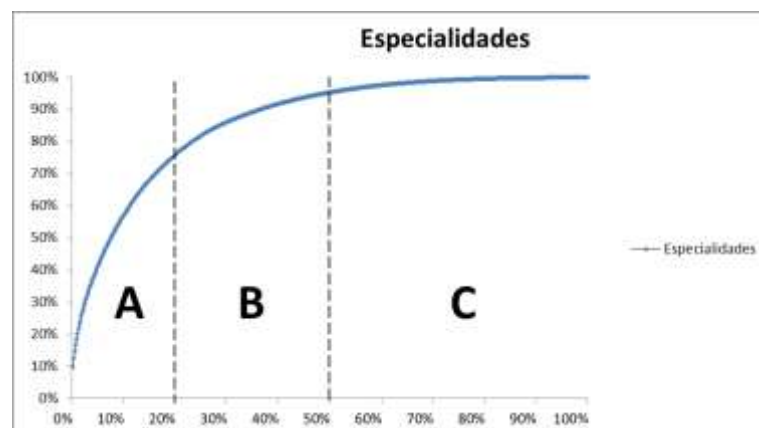


Gráfico 4 - Análise ABC das Especialidades

Utilizando uma macro feita em Excel é atribuída uma localização com as seguintes prioridades e restrições:

- Atribuir a locais com menor distância, produtos de classes mais elevadas, A e B;
- Dentro da mesma distância, atribuir produtos com maior previsão de procura no nível 1, definido como nível da Zona Dourada;
- Evitar alocar produtos com valor intermédio de peso no nível 2 das estantes, a menos que sejam em quantidades reduzidas. Para forçar o macro a considerar esta condição foi atribuído um peso adicional no caso desta ocorrência. Considera-se quantidades reduzidas a utilização de menos de 3 espaços;
- Impossibilidade de atribuir o nível 3 a um item com classificação de peso 2, ou seja, mais de 5 quilos;
- Preferencialmente atribuir produtos pesados ao nível 1 (Zona Dourada);
- Impossibilidade de separar o mesmo produto por níveis ou estantes.

Estando definidas as localizações foi necessário fazer a transferência efetiva do material para o armazém. Finda essa atividade, com a duração de uma semana, foram inseridas as localizações no sistema SAP para as localizações serem impressas nas ordens de produção da linha das SPE.

#### 4.4 Resultados e discussão

Ao contrário do resto da produção, sem localizações definidas e documentadas seria muito difícil garantir o funcionamento estável da linha de reembalamento das SPE. No resto a produção funciona sem localizações documentadas e sem complicações pois trata-se de materiais muito distintos, por exemplo as placas/*slabs* e rolos de lixa são facilmente distinguidos pelas características físicas, e com relativamente poucas referências em cada um dos tipos de matéria-prima, no caso das *slabs* existem apenas 45 SKUs.

Com a atribuição fixa de localizações e a sua inserção no SAP, o processo de recolha do material tornou-se mais rápido, tendo uma média de 4 minutos e 16 segundos por ordem na situação inicial passado para 2 min, um mês após o fim desta linha de ação, o que representa uma redução de mais de 50%.

A organização do armazém teve como objetivo diminuir as deslocações em recolha de material e para retirar conclusões recorre-se ao *output*, quantificado em unidades embaladas, desta linha por semana, por dia e por hora de mão-de-obra (Tabela 4). A linha foi transferida para a SGA Maia na semana 4 deste ano. A organização desta parte do projeto deu-se como concluída no fim semana 8.

Através deste indicador, reporta-se um aumento de 167 unidades por hora, o que se traduz em cerca de 20 mil unidades adicionais por semana na linha, representando um aumento de aproximadamente 15%.

Tabela 4 - Output da linha de embalamento de Especialidades (SPE) inicial e final

Output			
Semana	Semanal	Diário	Por hora de mão-de-obra
5	78.500	19.625	872
6	124.274	24.855	1.105
7	132.565	26.513	1.178
8	122.044	24.409	1.085
<b>Média inicial</b>	<b>126.294</b>	<b>25.259</b>	<b>1.123</b>
9	156.679	31.336	1.393
10	187.550	37.510	1.667

<b>11</b>	148.216	29.643	1.318
<b>12</b>	141.704	28.341	1.260
<b>13</b>	141.856	28.371	1.261
<b>14</b>	125.075	25.015	1.112
<b>15</b>	155.720	31.144	1.384
<b>16</b>	99.900	19.980	888
<b>17</b>	176.362	35.272	1.568
<b>18</b>	50.861	10.172	452
<b>19</b>	267.200	53.440	2.375
<b>20</b>	152.930	30.586	1.359
<b>21</b>	90.484	18.097	804
<b>22</b>	104.115	20.823	926
<b>23</b>	177.299	35.460	1.576
<b>Média final</b>	<b>145.063</b>	<b>29.013</b>	<b>1.290</b>

A linha continua com muitas ordens em atraso. Caso findassem de chegar ordens novas, existem em atraso ordens suficientes para a laboração normal da linha durante mais de duas semanas. Estes atrasos são provocados, maioritariamente, por falta de material desencadeada pelas diferenças entre procura prevista com os dados históricos da linha noutra fábrica e a procura que se verificou nestes últimos meses. Os tempos de viagem até dois meses provocam uma falta de flexibilidade para alterações bruscas de procura como a que ocorreu neste caso.

No entanto, é previsível o equilibrar da linha até ao fim do ano, pois a linha funciona com picos muito altos e períodos com pouco trabalho, como foi o caso da semana 17 e 16 do presente ano, respetivamente.

A zona de preparação não foi considerada como passível de mudança de posição na execução deste projeto devido ao curto período de tempo e a outros fatores como a flutuação de carga de trabalho ao longo das primeiras semanas. Contudo, existem possibilidades de melhoria ao nível da organização desta zona, podendo aumentar ainda mais a capacidade de embalamento da zona sem aumentar a mão-de-obra ou turnos extra.

Outro fator a considerar para o futuro da zona é a temperatura. Por se localizar numa plataforma elevada, estando mais perto do teto de chapa do pavilhão, é previsível um ambiente de calor incomportável com o trabalho dos operários. Sendo previsível a necessidade de um sistema de refrigeração ou fluxo de ar, como ventoinhas industriais.

Também o piso é um fator de risco. O tabuleiro da plataforma é construído em grades de metal com espaçamento de 5 cm, existindo risco de queda de objetos para o andar de baixo. O piso é pouco próprio para trabalho que requer ficar de pé durante várias horas. Também o porta-paletes, devido ao pavimento, provoca vibrações nocivas ao conforto das operárias.



## 5 Parte 2 - Organização do Armazém de Material Subsidiário

O material subsidiário é armazenado com outra matéria-prima. Esta divisão entre matéria-prima e subsidiária não estava visível, o material nem sempre era arrumado no mesmo local, nem existia uma separação por família de material explícita. Por essa razão, tornou-se indispensável a reorganização do armazém principal de forma a separar e perceber melhor o problema do material subsidiário.

Esta necessidade de reorganização foi também utilizada para diminuir tempos de deslocação, aproveitando a reorganização do espaço para trazer outras melhorias além do controlo de *stocks*.

### 5.1 Processo de recolha de material

O armazém principal engloba todo o material à exceção do material da linha de reembalamento SPE, e lixas de papel e velcro que estão armazenados em estantes junto às linhas de produção. Para esta parte do projeto, este armazém será reorganizado de modo a criar uma zona exclusiva para material subsidiário, cujo descontrolo despoletou a necessidade destas linhas de ação.

Trata-se de um armazém com 18 corredores, cada uma com 4 andares, exceto 2 corredores com 5 andares cada um. Cada andar tem capacidade para 12 paletes, o que perfaz um total de 888 paletes de capacidade.

Nem todo o material é armazenado em paletes. Como é o caso das *slabs*, 20.



Figura 20 - Localização das *slabs*

Em caso de necessidade existem ainda 100 m<sup>2</sup> livres, sem estantes ou máquinas, para armazenar temporariamente material, o que acontece normalmente quando o material está à espera de ser conferido ou etiquetado.



Quando os operários têm necessidade de um material, têm liberdade de se deslocar ao armazém e recolher o que precisam, exceto se houver necessidade do auxílio de um empilhador.

Existe um único empilhador na fábrica e apenas cinco pessoas no turno da manhã, duas no turno da tarde e uma do turno da noite com autorização e formação para manobrar o veículo.

## 5.2 Restrições e pressupostos

No contexto inicial existe uma situação que, devido à sua gravidade, adquire prioridade sobre a organização do resto armazém. Há um produto novo, rolos de esfregão, que, ao contrário dos outros rolos que têm 1,2m de largura, tem 1,5m de largura, algo não previsto quando o armazém foi adquirido já com as estantes montadas.

A consequência desta largura superior era a deficiente arrumação destes rolos que, vindo em grandes quantidades e tendo uma rotação muito alta, não podem ser deixados no chão. No entanto, armazenando nas estantes ou ficam demasiado de fora e impossibilitam as manobras com o empilhador ou transbordam para a estante do lado, ocupando efetivamente dois lugares e provocando vincos no rolo que podem provocar problemas de qualidade no produto final levando à rejeição de material.

Para corrigir este problema, ainda no âmbito da intervenção no armazém desta linha de ação, foi alargado o espaço entre o primeiro e segundo corredor, de 20 cm para 80 cm, permitindo assim a arrumação destes rolos sem criar vincos, devido à utilização de paletes próprias, nem criar restrições às manobras do empilhador.

Pela falta de meios, nomeadamente empilhadores, e para agilizar processos, são impostas algumas restrições à organização do armazém.

Matéria-prima, nomeadamente *slabs* e os *logs* das *convolute wheels*, têm de ser armazenado num local ao nível do chão e de preferência junto da entrada do armazém (I/O).

Ao contrário do armazém das SPE, neste armazém não existe qualquer placa ou outra forma de identificação dos corredores. Foram adquiridas 18 placas numeradas de 1-18 para colmatar esta falha.

O tempo de recolha dos materiais das estantes não é linear consoante a distância absoluta da entrada do armazém até ao local da estante. Caso o material esteja localizado no terceiro ou quarto local, é necessária uma atenção redobrada devido ao risco de queda de material pesado. Também a fraca visibilidade de dentro do empilhador e oscilações para alturas acima dos dois metros compromete as manobras.

Por outro lado, como se pode verificar no *layout* da Figura 21, os corredores só têm uma entrada, por isso manobras junto à parede tornam-se mais complexas e necessitam de mais tempo para serem feitas em segurança, quer para o condutor do empilhador, quer para a integridade física do empilhador, da estante e do material. Estes fatores são considerados durante o cálculo para a reorganização final, como se pode ver na Tabela 5. Cada corredor, numerado de 1 a 18, é composto por 4 estantes, sendo a quarta estante junto à parede. Cada estante é dividida em 4 níveis, exceto nos corredores 3 e 4, com 5, mas com a mesma altura total.

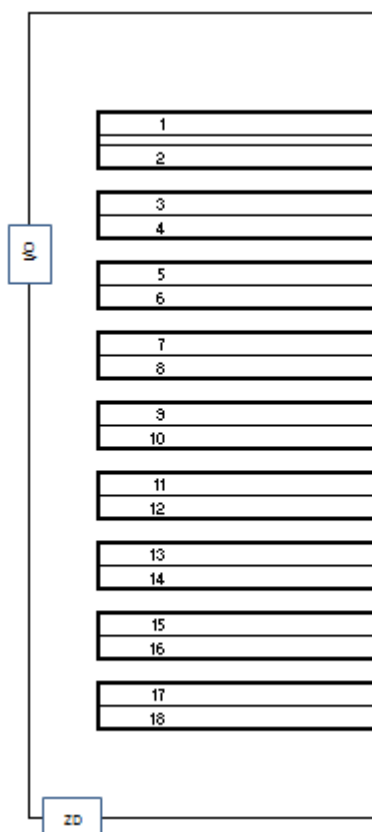


Figura 21 - Layout do Armazém Principal

Tabela 5 - Heat Map para as distâncias percorridas por localização no Armazém Principal

Estante	Nível	Corredor																	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	1	15,5	12	8,5	5	5	8,5	12	15,5	19	22,5	26	29,5	33	36,5	40	43,5	47	50,5
	2	20,5	17	13,5	10	10	13,5	17	20,5	24	27,5	31	34,5	38	41,5	45	48,5	52	55,5
	3	25,5	22	16	12,5	15	18,5	22	25,5	29	32,5	36	39,5	43	46,5	50	53,5	57	60,5
	4	30,5	27	18,5	15	20	23,5	27	30,5	34	37,5	41	44,5	48	51,5	55	58,5	62	65,5
	5	-	-	23,5	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	1	18,2	14,7	11,2	7,7	7,7	11,2	14,7	18,2	21,7	25,2	28,7	32,2	35,7	39,2	42,7	46,2	49,7	53,2
	2	23,2	19,7	16,2	12,7	12,7	16,2	19,7	23,2	26,7	30,2	33,7	37,2	40,7	44,2	47,7	51,2	54,7	58,2
	3	28,2	24,7	18,7	15,2	17,7	21,2	24,7	28,2	31,7	35,2	38,7	42,2	45,7	49,2	52,7	56,2	59,7	63,2
	4	33,2	29,7	21,2	17,7	22,7	26,2	29,7	33,2	36,7	40,2	43,7	47,2	50,7	54,2	57,7	61,2	64,7	68,2
	5	-	-	26,2	22,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	1	20,9	17,4	13,9	10,4	10,4	13,9	17,4	20,9	24,4	27,9	31,4	34,9	38,4	41,9	45,4	48,9	52,4	55,9
	2	25,9	22,4	18,9	15,4	15,4	18,9	22,4	25,9	29,4	32,9	36,4	39,9	43,4	46,9	50,4	53,9	57,4	60,9
	3	30,9	27,4	21,4	17,9	20,4	23,9	27,4	30,9	34,4	37,9	41,4	44,9	48,4	51,9	55,4	58,9	62,4	65,9
	4	35,9	32,4	23,9	20,4	25,4	28,9	32,4	35,9	39,4	42,9	46,4	49,9	53,4	56,9	60,4	63,9	67,4	70,9
	5	-	-	28,9	25,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	1	25,6	22,1	18,6	15,1	15,1	18,6	22,1	25,6	29,1	32,6	36,1	39,6	43,1	46,6	50,1	53,6	57,1	60,6
	2	30,6	27,1	23,6	20,1	20,1	23,6	27,1	30,6	34,1	37,6	41,1	44,6	48,1	51,6	55,1	58,6	62,1	65,6
	3	35,6	32,1	26,1	22,6	25,1	28,6	32,1	35,6	39,1	42,6	46,1	49,6	53,1	56,6	60,1	63,6	67,1	70,6
	4	40,6	37,1	28,6	25,1	30,1	33,6	37,1	40,6	44,1	47,6	51,1	54,6	58,1	61,6	65,1	68,6	72,1	75,6
	5	-	-	33,6	30,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Na abordagem ao problema de desenho da organização de alocação dos produtos, foram considerados os seguintes pressupostos.

1. A configuração física da área de armazenamento é fixa, incluindo a entrada (ZD) e saída de material (I/O). Na realidade esta configuração poderia ser mudada mas implicaria custos e tempo de construção fora do limite do projeto;
2. As configurações física dos corredores e estantes são fixas, apenas tendo sido aumentada a distância entre corredores para colmatar a situação dos rolos de 1,5m;
3. Não é considerado nenhum fator de congestionamento, como já referido, existe apenas um empilhador na fábrica, e caso a viagem seja feita a pé, não existe frequência suficiente para considerar congestionamento devido à largura dos corredores de 3,4m;
4. São recolhidos apenas os SKUs para uma ordem em cada viagem. Não há possibilidade de utilização de qualquer apoio de transporte devido à necessidade do empilhador e às ordens, que sendo passíveis de serem recolhidas a pé ou com um trolley, terem um volume demasiado grande;

5. Não existe repartição de SKUs. Todas as paletes de cada SKU estão nos locais definidos ou adjacentes. Um SKU não pode estar localizado em vários corredores. A única exceção será no caso de produto com falta de etiquetagem ou à espera de ser conferido, sendo um caso temporário no qual ficará armazenado na zona de descarga;
6. Existe espaço suficiente para a totalidade das SKUs. Na realidade existe espaço extra, e para entrar no cálculo é criada um SKU “fantasma” com o tamanho extra existente e com uma rotação ou popularidade nula;
7. O tempo de deslocação é proporcional à distância percorrida.

Para a reorganização deste armazém foi necessário mais tempo do que o estimado devido à necessidade do empilhador que, sendo único, é essencial para o normal funcionamento da produção.

### 5.3 Cálculo da reorganização final

Neste armazém, como já foi referido (Cap. 4.4), o aspeto visual dos produtos facilita a sua recolha. Por essa razão, foi decidido agrupar o material por famílias, simplificando a formação dos operários, pois é uma organização mais intuitiva, eliminando variáveis ao cálculo da análise ABC e poupando-se tempo e recursos visto que cerca de metade do armazém já se encontra agrupado desta maneira na situação inicial.

Uma das famílias identificadas foram os artigos não inventariados, nos quais se incluem as amostras dos comerciais, material com problema de qualidade, à espera de autorização para ser despejado na sucata ou lixo normal, e material de reaproveitamento. A este material foi atribuído localizações mais distantes da saída devido à sua rotatividade não existente ou, no caso do reaproveitamento, muito reduzida.

Devido à folga existente (espaço efetivo menos espaço necessário), a última estante, a mais distante da ligação com a produção e mais próxima da zona de descarga de camiões, foi deixada como espaço vazio, dando flexibilidade à quantidade de paletes que podem ser arrumadas adjacentes à zona de descarga (ZD). Esta flexibilidade diminui o tempo de descarga caso o espaço livre para descargas esteja ocupado, e diminui a exposição do material em espera para ser conferido ou etiquetado.

As restantes famílias foram divididas em 5 tipos; rolos S, rolos F, *slabs*, *convolute wheels* e material subsidiário. O caso das *slabs* e *convolute wheels* já foi discutido e ocupam 4 corredores e apenas no nível mais baixo, e com melhor acesso, nos corredores 3, 4, 5 e 6. Os rolos F, aos quais pertencem os rolos com 1,5m de largura, foram alocados a partir do corredor 1 devido às características dos primeiros corredores. Os rolos S já estão na localização ideal na situação inicial. Assim foi apenas documentada a sua localização.

Resta o material subsidiário, que apesar de ser apenas uma família, é a família com mais SKUs, a que necessita de mais espaço no armazém, a que mais deslocação causa ao armazém e a que levou ao descontrolo que desencadeou a realização desta linha de ação. Devido a estas características é dada especial atenção no cálculo do seu localização.

O material subsidiário é dividido em duas subfamílias, embalagens e não-embalagens. As não-embalagens consistem em cartões, sacos de plástico, adesivos simples e de dupla face. Devido à sua dimensão e quantidade reduzida, mantém-se a disposição ao nível do chão como estava na situação inicial, porém mudou-se para uma estante mais próxima da produção, devido ao espaço ganho com a organização das restantes famílias.

Dentro da família das embalagens, de modo a tornar o mais intuitivo possível, tanto para o processo de recolha como para o processo de armazenamento, os SKUs foram agrupados consoante a sua marca ou outra característica única. Do agrupamento surgiram as seguintes

classes de embalagens; brancas (genéricas), castanhas, caixas cilíndricas, marca *Norton*, *Flexovit*, *Kadar* ou privada.

Com esta classificação procedeu-se a uma análise COI (*Cube Order per Inch*), pois trata-se de uma operação para diminuir tempos de deslocações, para determinar quais as classes com melhor proporção espaço ocupado/frequência de recolha (popularidade). Através da metodologia COI foi calculado um rácio do espaço utilizado, calculado em paletes necessárias, pela frequência da sua recolha num dado período, neste caso, de um ano, com os resultados expostos na Tabela 6.

Tabela 6 - Análise COI das classes de embalagens

	Popularidade	Espaço	COI	SKU
<b>Flexovit</b>	197	1	197,0	1
<b>Brancas</b>	1635	30	54,5	15
<b>Norton</b>	2027	41	49,4	17
<b>Castanhas</b>	317	19	16,7	7
<b>Kadar</b>	141	9	15,7	6
<b>Cilíndricas</b>	204	21	9,7	6
<b>Marca Privada</b>	85	9	9,4	6

Depois de definidas as classes mais importantes calculou-se novamente o rácio COI para cada uma das SKUs, Tabela 7.

Tabela 7 - Análise COI das SKUs das embalagens

Espaço Ocupado	Referência SAP	Subfamília	Popularidade	Rácio COI
9	00510047226	Castanha	10	1,1
2	00510088330	Castanha	171	85,5
1	00510013397	Castanha	29	29,0
2	00510013408	Castanha	48	24,0
1	00510013376	Castanha	19	19,0
3	00510013407	Castanha	30	10,0
1	00510013395	Castanha	10	10,0
2	00510110930	Cilíndricas	47	23,5
2	00510110935	Cilíndricas	32	16,0
3	00510110933	Cilíndricas	38	12,7
3	00510110927	Cilíndricas	37	12,3
7	00510110932	Cilíndricas	39	5,6
4	00510110934	Cilíndricas	11	2,8
1	00510075037	Flexovit	197	197,0
1	00510092297	Kadar	49	49,0
2	00510092300	Kadar	31	15,5
1	00510092296	Kadar	14	14,0
2	00510092298	Kadar	19	9,5
2	00510092301	Kadar	19	9,5
1	00510092299	Kadar	9	9,0
3	00510107957	Norton	383	127,7
1	00510107942	Norton	88	88,0

2	00510113974	Norton	165	82,5
1	00510107979	Norton	65	65,0
4	00510113975	Norton	256	64,0
3	00510114544	Norton	170	56,7
2	00510107968	Norton	112	56,0
2	00510107972	Norton	103	51,5
3	00510107586	Norton	137	45,7
1	00510054337	Norton	45	45,0
5	00510107963	Norton	208	41,6
2	00510113853	Norton	72	36,0
2	00510107587	Norton	72	36,0
4	00510107970	Norton	100	25,0
4	00510119632	Norton	36	9,0
1	00510107914	Norton	8	8,0
1	00510057317	Norton	7	7,0
6*	00510013402	Branca	335	55,8
3*	00510013404	Branca	188	62,7
3*	00510013406	Branca	124	41,3
1	00510058096	Branca	163	163,0
1	00510058105	Branca	137	137,0
1	00510108441	Branca	126	126,0
2	00510058106	Branca	179	89,5
2	00510102572	Branca	119	59,5
2	00510017495	Branca	78	39,0
1	00510108597	Branca	39	39,0
1	00510108442	Branca	31	31,0
2	00510102573	Branca	48	24,0
1	00510103187	Branca	22	22,0
2	00510103658	Branca	39	19,5
2	00510099287	Branca	7	3,5
1	00510049336	Marca Privada	14	14,0
1	00510088540	Marca Privada	6	6,0
3	00510105279	Marca Privada	7	2,3
2	00510088541	Marca Privada	8	4,0
1	00510107365	Marca Privada	30	30,0
1	00510107416	Marca Privada	20	20,0

Para as embalagens com uma anotação \* no espaço ocupado, cada palete é tripla, ou seja, ocupa o equivalente a 3 paletes normais. A implicação desta característica é a impossibilidade de separar as 3 paletes na vertical, sendo obrigatória a localização conjunta.

Utilizando uma macro feita em Excel, foi atribuída uma localização com as seguintes prioridades e restrições.

- Evitar alocar SKUs da mesma subfamília em corredores diferentes. Exceção para as marcas privadas, por serem poucos SKUs, e para as embalagens grandes brancas, devido ao seu tamanho;
- Atribuir a locais com menor distância, produtos de com rácio COI mais elevado;
- Caso uma SKU ocupe mais que uma posição, posicionar, dentro do possível, as paletes restantes em andares superiores e não no mesmo andar, de maneira a ocupar menos posições acessíveis sem empilhador com referências repetidas;
- Impossibilidade de separar o mesmo SKU por corredores.

Estando definidas as localizações foi necessário fazer a mudança de sítio do material para o armazém. As localizações de 75 SKUs de material subsidiário foram mudadas, assim como 15 de rolos, a totalidade de material de retalho, amostras e material com problema de qualidade. Finda essa atividade, com a duração de três semanas, à semelhança da primeira parte do projeto, foram inseridas as localizações SAP de maneira a serem impressas nas ordens de produção. Apesar das localizações agora serem por grupos e portanto mais intuitivas, em caso de dúvida o operário pode sempre verificar a localização na ordem de produção. Os resultados desta reorganização serão discutidos no Capítulo 5.5.

#### 5.4 Cálculo do ponto de encomenda

Devido aos constantes desvios no inventário que forçam um ajuste manual na quantidade em *stock* de cada SKU no SAP, o *query* exportado do SAP sobre o consumo das embalagens tem falhas que impossibilitam o cálculo em massa do ponto de encomenda das mesmas.

É necessário rever o histórico de consumos do último ano e excluir os desvios positivos verificados pelas contagens físicas do inventário, devoluções de embalagens por qualidade insatisfatória, interpretados pelo SAP como consumos, e calcular o ponto de encomenda com a nova informação corrigida.

O ponto de encomenda (ROP) foi calculado com a seguinte fórmula (Zinn and Marmorstein 1990):

$$ROP = ProcuraMédia * LeadTime + StockSegurança \quad (2)$$

Sendo a *ProcuraMédia \* LeadTime* o consumo médio dessa referência durante o período estimado de *lead time* ou tempo de espera desde a ordem de compra até à entrega.

O *StockSegurança* utiliza o seguinte cálculo:

$$StockSegurança = Zscore * \sqrt{LeadTime} * DesvioPadrãoProcura \quad (3)$$

O *Zscore* é o fator de serviço, calculado através de uma análise estatística para garantir um determinado nível de serviço.

Esse nível de serviço difere entre referências através da classificação ABC das mesmas. Esta classificação ABC tem em conta o volume do consumo e também o seu valor. A cada SKU foi atribuída uma classificação de cada um dos parâmetros entre A e D. Às referências com classe A corresponde a 50% do total, B a 30%, C a 15% e D aos restantes 5%.

De seguida, é feita a classificação final para determinar o nível de serviço desejado pela junção das duas classes anteriormente referidas, como explica a Tabela 8.

Tabela 8 - Cálculo de Classes por junção de Valor e Volume

Valor	Volume				
		A (50%)	B (30%)	C (15%)	D (5%)
	A (50%)	AA=A	AB=A	AC=B	AD=B
	B (30%)	BA=A	BB=B	BC=B	BD=C
	C (15%)	CA=B	CB=B	CC=C	CD=D
	D (5%)	DA=B	DB=C	DC=D	DD=D

A cada classe final é atribuído um nível de serviço desejado, no qual resulta o *Zscore* correspondente através da distribuição normal (Tabela 9).

Tabela 9 - Classes ABC e Nível de Serviço

Classe	Nível de Serviço	<i>Zscore</i>
<b>A</b>	98%	2,05
<b>B</b>	95%	1,65
<b>C</b>	90%	1,28
<b>D</b>	85%	1,04

Com um novo ponto de encomenda mais preciso calculado é necessário criar procedimentos redundantes ao SAP para reportar a brecha do ponto de segurança e, conseqüentemente, despoletar a compra de mais material.

Foram instalados quadros, como o da Figura 22, para anotar a quantidade real de embalagens em *stock*. Foi dada formação aos operários para atualizarem o quadro sempre que retirassem embalagens do armazém. No quadro está também indicado o ponto de encomenda.



Figura 22 - Quadro de Controlo do material subsidiário

Existe um período de transmissão de informação, de aproximadamente um dia, desde o armazém, ao despoletar da necessidade de compra e conseqüente aprovação pelo fornecedor. De forma a ter este período em consideração, pois um dia inteiro num tempo de espera de uma a duas semanas é significativo, o valor do ponto de encomenda foi recalculado, adicionando um dia ao *LeadTime*.

O responsável do armazém foi instruído para informar o responsável de compras quando o nível real de *stock* fosse menor que o ponto de encomenda.

## 5.5 Resultados e discussão

Com a realização desta linha de ação, a localização de cada SKU vem detalhada na ordem de produção, o que oferece mais autonomia ao operário e menos perdas de tempo.

Apesar do principal objetivo ser o controlo do nível de *stock* das embalagens, houve também um esforço por melhorar tempos, reduzindo os desperdícios de deslocação.

Ao tornar a organização do armazém mais intuitiva para qualquer operário, os tempos de recolha diminuíram (Tabela 10).

Tabela 10 - Desperdícios de deslocação após parte 2

Situação	Nº de operários com acesso ao armazém	Viagens diárias por operário	Tempo médio de deslocação (min)	Total de deslocação por turno (min)
<b>Inicial</b>	6	7	6,43	270,06
<b>Parte 2</b>	6	7	5,37	225,54

No global, foi atingida uma diminuição de cerca de 17% no tempo total gasto em deslocações apenas com a reorganização das embalagens. O principal fator que contribuiu para esta redução foi o agrupamento das embalagens por classes, ao contrário da mistura entre classes e tipos de produtos que se verificava anteriormente. Também através do rácio do COI, dando prioridade às referências mais populares ficarem ao nível do chão, reduz-se a necessidade do empilhador e aumenta-se a autonomia dos operários. Mesmo tendo apenas diminuído cerca de 1 minuto por viagem, o valor de tempo total diário ganho representa 45 min.

Não foi recolhida informação sobre o impacto do quadro no controlo dos *stocks* e redundância do SAP para despoletar encomendas devido ao curto período de tempo entre o fim desta linha de ação e a implementação da parte final do projeto.

Lateralmente, foi também criada uma sensibilização para manter o armazém arrumado de maneira a ser mais simples e compreensível a localização do material.

Apesar de ter sido recalculado o ponto de encomenda corrigido, não foi tido em consideração a variabilidade do tempo das entregas devido à falta de informação passada. Para evitar roturas devido a atrasos, a empresa aplica uma margem de mais uma semana ao prazo indicado pelo fornecedor. No entanto, dependendo do fornecedor, este valor pode ser excessivo ou demasiado baixo. No futuro poderá ser utilizado para o cálculo mais preciso do ponto de encomenda.



## 6 Parte 3 - Planeamento do transporte de embalagens

Após a organização e criação de processos de controlo do armazém de matéria-prima e subsidiária, tornou-se necessário controlar os registos dos consumos de modo a confrontar os problemas de discrepância entre *stock* real e do SAP.

Apesar da implementação do quadro com *stock* efetivo e ponto de encomenda visual, existiam demasiados trabalhadores com acesso ao armazém, nem todos com disciplina para atualizar o quadro a cada viagem. De maneira a diminuir tempos de deslocação, considerou-se também a formação de um único operário com a função de abastecer as linhas de embalagem, apelidado de impulsor. Assim tornou-se mais simples controlar o armazém, diminuindo o número de pessoas com acesso ao mesmo. Sendo o armazém da responsabilidade de um só trabalhador, tornou-se maior a motivação para manter o armazém organizado e arrumado.

### 6.1 Planeamento das rotas de abastecimento

Tendo um trabalhador dedicado ao transporte de embalagens, o passo seguinte foi criar rotas e procedimentos para o mesmo. Segundo Harris et al. (2004), para criar uma rota de entregas precisa são necessários os seguintes passos:

- Identificar os corredores da fábrica e criar fluxos logísticos de forma a todas as rotas fluírem;
- Selecionar o método de transporte para entrega dos produtos, que neste caso será um porta-paletes ou empilhador em caso de grandes quantidades;
- Determinar os pontos de paragem e entrega da rota;
- Criar locais de tamanho fixo nos pontos de entrega de forma a adaptar o posto de trabalho à entrega.

Apesar de todas as ordens serem produzidas um dia antes ou no próprio dia da expedição da encomenda, exceto haja a ocorrência de rotura de material, não existe nenhuma informação sobre a produção diária. Apesar da manipulação alguma informação sobre a previsão de produção diária, e após um período de teste, verificou-se que a produção estimada para cada dia não era suficientemente semelhante à efetiva para se considerar fiável retirar conclusões sobre que ordens são produzidas nesse dia, para planear o transporte das embalagens subsidiárias.

Decidiu-se transportar apenas as embalagens para o material já transformado e aguardando embalamento. Das 5 secções que necessitam de embalagem, apenas uma, a Banda Estreita, tinha um supermercado dedicado, com a totalidade das referências precisas. As outras secções também se serviam desse supermercado intermédio, mas necessitavam de SKUs que não estavam nele presentes.

Enquanto a produção de 3 das 5 secções produtivas é agrupada e embalada pelo setor de embalamento, as outras 2 são embaladas pelo mesmo operário que as produz. Ou seja, existem 3 pontos de embalamento.

Através do acompanhamento do processo de cada um desses 3 pontos retirou-se indicações sobre cada uma das secções:

- A secção de Banda Estreita apenas necessita de ter o supermercado intermédio abastecido para embalar;
- As secções de discos, discos com pratos, identificados na Figura 23 como balancé DC01 e DC02, e convolute wheels são embaladas no mesmo sítio pela mesma equipa, criando uma fila de espera para serem sujeitas a este processo;
- A secção de discos de papel, que engloba a prensa automática e os balancés DC04 e DC03, embala o seu próprio fabrico, não criando fila de espera, pois embala assim que acaba de produzir, mas tendo em espera algumas ordens de produção. Estas ordens de produção, como já referido, não são previsíveis, pois quem decide que ordens vão ser produzidas e em que sequência é um responsável de turno, que, por vezes, apenas indica o que produzir quando o operário já terminou todas as outras ordens.

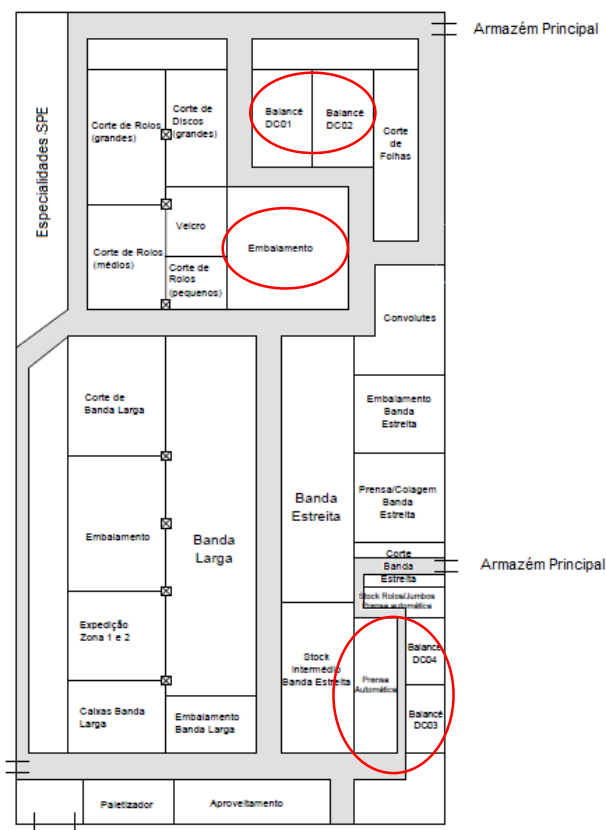


Figura 23 - Layout da área produtiva da fábrica

Para a primeira secção apenas é necessário manter o supermercado abastecido. Tendo apenas 10 SKUs e estando situado junto à secção de embalamento, através do abastecimento desta secção tornou-se bastante visual quando alguma das referências atinge valores críticos, sendo necessário o transporte do armazém principal para o supermercado.

Para a segunda secção, optou-se por em cada rota haver uma rota antecedente sem nenhum tipo de veículo, onde é levantada a informação sobre as embalagens necessárias para as próximas ordens a serem embaladas.

Na terceira secção a abordagem foi semelhante, sendo levantada a informação das ordens em produção e a serem produzidas posteriormente.

De forma a evitar que os operários tivessem necessidade de se deslocar ao armazém para retornar embalagens foi criada a função de um impulsor que tem exatamente essa função. Esta

função foi adicionada ao responsável do armazém que também está encarregado das cargas e descargas de camiões e de armazenar tudo o que entra no armazém.

Todas as rotas são compostas por duas viagens. Na primeira viagem o trabalhador levanta a informação sobre as embalagens necessárias e na segunda parte efetua-se o transporte dessas necessidades.

As rotas estabelecidas seguem o trajeto representado na Figura 24 e a sequência 1-2-3 para levantar informação, e depois, começando do armazém onde recolhe todo o material necessário e atualiza o quadro de controlo, transporta até às secções necessárias, pela mesma ordem.

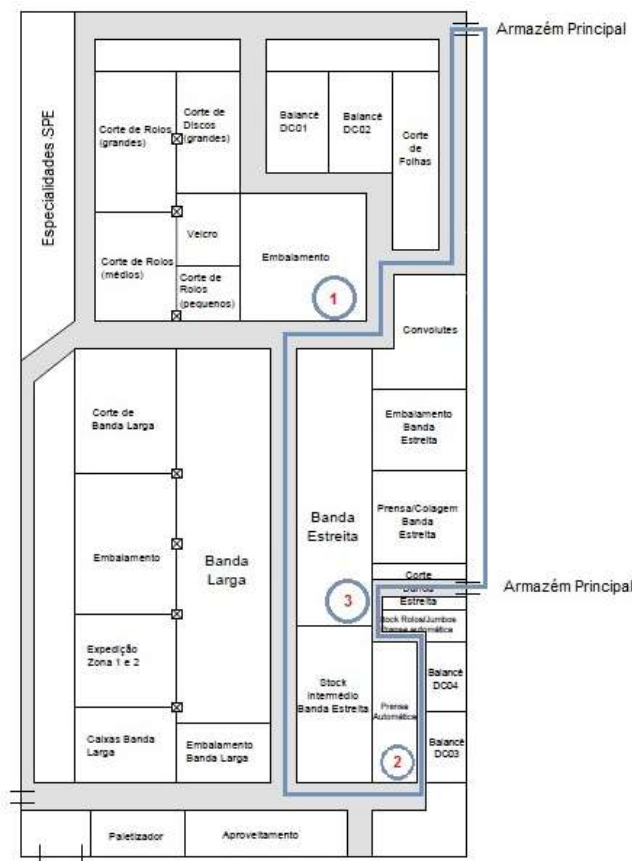


Figura 24 - Rota do impulsor

## 6.2 Procedimentos do impulsor

Com as rotas implementadas, foram feitas várias corridas de teste para retirar informação sobre as necessidades de cada secção, determinar a frequência necessária das rotas e perceber de onde provinham os erros de consumos.

A frequência para a secção de banda estreita é a mais baixa, apenas uma vez por dia. As outras duas secções necessitam de abastecimento 4 vezes por dia, sendo que o último abastecimento, à falta de impulsor no turno seguinte, abastece o máximo de embalagens necessárias para evitar as deslocações ao armazém de outros operários.

No entanto, como não existe uma previsão total do turno com antecedência, os operários do turno da tarde continuam a ter liberdade para aceder ao armazém para procurar e levar as embalagens que precisem. Tanto os operários do turno da manhã como os da tarde tiveram instruções para atualizar o quadro de controlo caso necessitassem de embalagens. De manhã, um operário apenas está autorizado a ir ao armazém caso o impulsor não esteja presente na fábrica ou este esteja impossibilitado por qualquer outra razão.

Durante a primeira viagem da rota, foram detetados vários erros nas BOMs, maioritariamente nas ordens de discos com prato e com maior incidência em referências mais recentes. Estes erros de consumo revelaram-se responsáveis por grande parte da discrepância entre os *stocks* reais e os do SAP. Com o auxílio dos operários, foi descoberta a fonte destes erros e formulada uma regra geral para estes discos com pratos que permitiu corrigir em massa todas as BOMs destes artigos no sistema informático.

Um operário não utilizava a embalagem descrita na ordem de produção por uma de três razões; ou a embalagem está em rotura e é necessário enviar noutra, a embalagem está errada, quer por ter uma marca errada ou as dimensões incorretas, ou a ordem não explicita o tipo de embalamento que deve ser utilizado. Nestes casos, o operário deve assinalar a embalagem que utilizou e eliminar a presente na ordem, para quando for dada a inserção da produção no SAP não existirem erros.

No processo de inserção de informação no SAP, o colaborador, quando confrontado com uma mudança de material, não sabe a razão. O impulsor, e caso o transporte não seja feito por ele os operários, foram instruídos para assinalar na ordem de produção a razão da troca de embalagem, caso não fosse falta de material, para que quem tem contacto com o SAP pudesse corrigir as ordens erradas.

### 6.3 Resultados e Discussão

Com a realização desta linha de ação, era esperada uma diminuição no tempo de deslocções ao armazém ainda mais significativa do que a redução resultante da parte 2, uma suavização dos desvios em inventário resultante das diferenças entre o *stock* real e o *stock* do *software* de controlo SAP e ainda a criação de processos para despoletar necessidades de compra redundantes ao SAP.

O primeiro objetivo foi alcançado, como observável na Tabela 11, com uma redução do tempo desperdiçado em deslocções ao armazém em 40% comparativamente à situação no fim da segunda parte do projeto, de 225 min para 135 min, e de cerca de 50% quando comparado com a situação inicial, passando de 270 min para 135 min. O tempo médio de deslocação contempla a realização esporádica da realização de viagens adicionais às quatro previstas devido a ordens urgentes, por exemplo.

Tabela 11 - Desperdícios de deslocação após parte 3

Situação	Nº de operários com acesso ao armazém	Viagens diárias por operário	Tempo médio de deslocação (min)	Total de deslocação por turno (min)
<b>Inicial</b>	6	7	6,43	270,06
<b>Parte 2</b>	6	7	5,37	225,54
<b>Parte 3</b>	1	4	33,73	134,92

Estes resultados são positivos apesar do aumento do tempo médio por deslocação, provocado pela satisfação de um maior número de ordens de produção em cada viagem e pela necessidade de uma viagem prévia para o levantamento de informação, que também foi considerada como parte integrante da deslocação.

Este tempo poderá ainda ser melhorado. A falta de um veículo personalizado para o transporte múltiplo de embalagens, com as suas diferentes formas e dimensões, torna a viagem complicada, tendo-se verificado a queda de embalagens ou volumes excessivos, principalmente devido a caixas cilíndricas, exigindo a realização de uma viagem adicional.

A falta de um planeamento mais rigoroso e antecipado é o principal entrave à redução do desperdício. Se o impulsor pudesse organizar as embalagens diárias que a produção necessita sem ter necessidade de realizar um trajeto prévio, estima-se que o tempo total diminuiria em 33%, situando-se perto dos 90 min por turno, o que seria uma diminuição para menos de 35% do desperdício relatado na situação inicial.

Este mesmo planeamento irá também ter impacto na produção. Agrupando ordens iguais, de material igual ou por dimensões iguais, elimina-se a necessidade repetida de troca de ferramentas ou recolha de material.

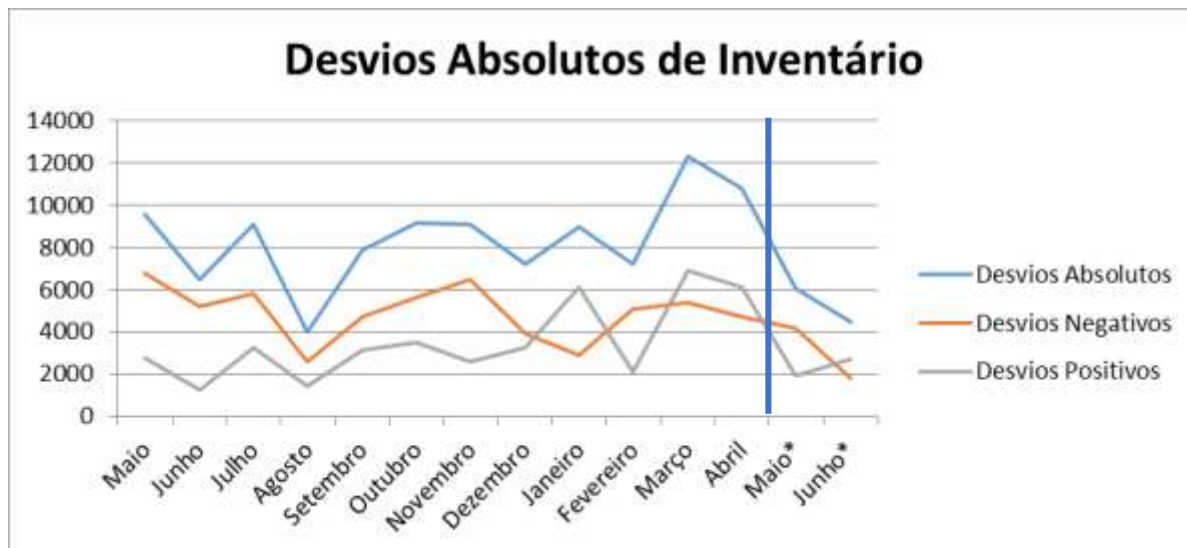


Gráfico 5 - Desvios Absoluto em Inventário após parte 3

Como evidenciado pelo Gráfico 5, os desvios entre *stock* real e SAP absolutos das embalagens diminuíram de uma média de cerca de 9 mil caixas por mês para 6 mil no fim do primeiro mês, Maio de 2015, e para cerca de 4500 no segundo mês após a implementação desta linha de ação, Junho de 2015, ou seja, uma redução para 50% dos valores médios verificados na situação inicial.

A utilização dos quadros de controlo cumpriu o seu objetivo de redundância ao SAP ao ter antecipado a necessidade de compras de quatro das sete compras de embalagens efetuadas desde a implementação desta linha de ação até ao final da recolha de dados. Este valor poderia ser maior, até seis das sete encomendas, caso as correções das BOMs não tivessem sido efetuadas em simultâneo, resultando num maior controlo por parte do SAP, como evidenciado pelo Gráfico 5.

Das restantes quatro encomendas que foram antecipadamente previstas através do quadro de controlo apenas uma apresentava uma diferença comparativamente ao SAP superior a 10%. Sendo estas diferenças tão pequenas, ou o quadro de controlo é melhorado e serve de apoio fiável ao inventário mensal ou se se torna obsoleto, com a sistemática correção dos consumos e, consequentemente, maior fiabilidade da informação do sistema SAP.

Reporta-se também a diminuição da frequência dos erros nas BOMs em cerca de 100% para os discos com prato, havendo no entanto alguns erros nas BOMs das restantes produções devido à falta de sistematização para a construção de regras gerais aplicáveis às mesmas. Apesar de ainda existirem erros, observou-se uma mudança de hábito, não só por parte do impulsor mas de todos os operários que embalam, de detetar e alertar os erros.

## 7 Conclusões e trabalhos futuros

Os processos de controlo dos armazéns são de uma importância crucial para a produção fluir dentro de uma empresa. Sendo um sistema interligado e complexo, uma empresa com problemas nos armazéns, terá necessariamente dificuldades na produção e em todos os outros departamentos a jusante na cadeia logística.

Só com a correta organização dos armazéns e controlo do seu inventário é possível partir para projetos de otimização mais complexos. Esta base para projetos futuros não pode ser quantificada durante a realização deste projeto, mas decerto trará resultados positivos.

O principal objetivo deste projeto foi a implementação de medidas que visassem a melhoria das condições de armazenamento dos produtos de uma linha nova à empresa, a reorganização do armazém principal de modo a dinamizar os processos de recolha de material e o controlo do *stock* de material subsidiário.

Com a primeira parte do projeto foi possível consolidar uma nova linha na Saint-Gobain Abrasivos Maia. Os resultados obtidos com a utilização de uma análise ABC e, consequente, organização do armazém de forma a minimizar tempos de recolha de produtos, foram positivos, aportando uma redução de cerca de 50% no tempo de recolha face à situação inicial.

Porém, o *layout* da produção não é o ideal em termos de fluxo de materiais. Num curto prazo será benéfico reorganizar a posição das mesas de embalagem, da zona de alimentação das mesas, dos contentores de resíduos e da entrada de material no supermercado. Este novo *layout* não foi realizado durante o projeto devido ao horizonte temporal.

Existem fatores de risco também a corrigir nesta linha num futuro próximo. Devido à sua localização, numa plataforma elevada do nível do chão, é previsível um ambiente com calor não compatível com o trabalho dos operários. A instalação de ventoinhas ou outros métodos de controlo de temperatura é aconselhada. Também devido à estrutura da plataforma, especificamente o seu pavimento, existe risco de queda de objetos pelo piso para o andar inferior, e o risco de fadiga dos operários devido às vibrações excessivas que o porta-paletes provoca na plataforma. Neste caso, está prevista a utilização de tapetes anti fadiga para os operários e a instalação de um corredor alcatifado para evitar a queda de objetos.

Na segunda parte do projeto, o objetivo de diminuição do tempo de deslocação aliada com a organização sistemática do armazém foi conseguido. Com esta nova organização, a matéria está repartida por família, tornando a procura de uma dada referência mais simples e intuitiva. Para a família com mais problemas de controlo de quantidade, a família das embalagens, foi ainda feito um estudo para calcular mais precisamente o *stock* de segurança e o ponto de encomenda, e tornar esse ponto de encomenda visual aos operários, com o objetivo de despoletar ordens de compra sem necessidade do sistema informático. Com esta organização, foi possível aplicar a terceira linha de ação do projeto.

Nesta parte o objetivo foi melhorar o controlo do armazém, reduzindo a quantidade de pessoal com acesso ao armazém, e perceber os motivos dos desvios em inventário. Com a correção dos erros dos consumos, verifica-se uma melhoria de cerca de 50% no desvio *stock* real e

stock previsto no sistema informático, o que origina uma maior confiança na informação debitada pelo último. Com a redução de operários com acesso ao armazém de 6 para 1, o impulsor, e a criação de uma rota de alimentação de embalagens a todas as secções, diminuiu-se o desperdício em deslocações para quase metade do valor na situação inicial. No entanto, este resultado pode, no futuro, ser melhorado com a aquisição de um veículo personalizado para o transporte em massa de embalagens e com um planeamento mais rigoroso e antecipado da produção, que além das implicações no armazém, conduzirá a melhorias ao nível das secções produtivas.

## Referências

- Broulias, GP, EC Marcoulaki, GP Chondrocoukis, and LG Laios. 2005. "Warehouse management for improved order picking performance: an application case study from the wood industry." *Department of Industrial Management & Technology, University of Piraeus*.
- Chase, Richard B, Nicholas J Aquilano, and F Robert Jacobs. 2001. *Operations management for competitive advantage*: Irwin/McGraw-Hill.
- Drury, Jolyon. 1988. "Towards more efficient order picking." *IMM monograph* no. 1.
- Exact Globe. 2008. "Generating ABC Aalysis Reports for Invoices" Último acesso: 25 de Maio de 2015, [www.exactsoftware.com/Docs/DocsView.aspx?DocumentID=%7BEB2FB178-782B-41E4-A8D5-45C70937F98C%D&NoHeader=1&NoSubject=1](http://www.exactsoftware.com/Docs/DocsView.aspx?DocumentID=%7BEB2FB178-782B-41E4-A8D5-45C70937F98C%D&NoHeader=1&NoSubject=1).
- Frazelle, Edward Hardy. 1989. "Stock location assignment and order picking productivity."
- Garfinkel, Maurice. 2005. *Minimizing multi-zone orders in the correlated storage assignment problem*, Citeseer.
- Gu, Jinxiang, Marc Goetschalckx, and Leon F McGinnis. 2007. "Research on warehouse operation: A comprehensive review." *European journal of operational research* no. 177 (1):1-21.
- Gu, Jinxiang, Marc Goetschalckx, and Leon F McGinnis. 2010. "Research on warehouse design and performance evaluation: A comprehensive review." *European Journal of Operational Research* no. 203 (3):539-549.
- Harris, Rick, Cris Harris, and Earl Wilson. 2004. "Fazendo fluir os materiais." *São Paulo*.
- Hopp, Wallace J, and Melanie L Roof Sturgis. 2000. "Quoting manufacturing due dates subject to a service level constraint." *IIE Transactions* no. 32 (9):771-784.
- Jones, Daniel T, and James P Womack. 2002. *Seeing the whole: mapping the extended value stream*, Lean enterprise institute.
- Jones, Erick C. 2015. "Warehouse Picking Productivity increases by Slotting inventory in the Golden Zone Trevor Battieste Home interiors & Gifts" Último acesso: 2015.
- Kilpatrick, Jerry. 2003. "Lean principles." *Utah Manufacturing Extension Partnership*:1-5.
- Liker, Jeffrey. 2004. "The Toyota Way." *McGraw-Hill*.
- RapidPick, Dematic. 2011. "Smarter, faster, safer order picking." *MHD Supply Chain Solutions* no. 41 (6):40-43.
- Research Systems Consulting. 2014. "Safety Stock Calculations" Último acesso: 26 de Maio de 2015.



- Ruben, Robert A, and F Robert Jacobs. 1999. "Batch construction heuristics and storage assignment strategies for walk/ride and pick systems." *Management Science* no. 45 (4):575-596.
- Saint-Gobain Abrasives. 2014. "Coated Abrasives - Grinding, Blending, Dimensioning, Shaping & Polishing application" Último acesso: 16 de Maio de 2015, <http://www.saint-gobain-abrasives.com/ca-eu.aspx>.
- Saint Gobain. 2015. "História - Saint Gobain" Último acesso: 16 de Maio de 2015, <http://www.saint-gobain.com.br/pt/historia>.
- Strack, Géraldine, and Yves Pochet. 2010. "An integrated model for warehouse and inventory planning." *European Journal of Operational Research* no. 204 (1):35-50.
- Sugimori, Y, K Kusunoki, F Cho, and S Uchikawa. 1977. "Toyota production system and kanban system materialization of just-in-time and respect-for-human system." *The International Journal of Production Research* no. 15 (6):553-564.
- Zinn, Walter, and Howard Marmorstein. 1990. "Comparing two alternative methods of determining safety stock levels: The demand and the forecast systems." *Journal of Business Logistics* no. 11 (1):95-110.